

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1967

THÈSE

N° 199

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

NGHIEM Xuân Quang

: né le 17 octobre 1931 à HANOI (Viet Nam)

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE

CONTRIBUTIONS A L'ETUDE DU VOLUME CARDIAQUE
CHEZ L'ENFANT ET CHEZ L'ADOLESCENT :

- 1 - Limites normales,
- 2 - Intérêt de pronostic du volume cardiaque
dans l'insuffisance mitrale rhumatismale
chez les jeunes.

Président : Monsieur J. LENEGRE, Professeur.

ÉDITIONS A.G.E.M.P. 40 RUE PASCAL PARIS

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1967

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLÔME D'ÉTAT)

PAR

NGHIEM Xuân Quang

: né le 17 octobre 1931 à HANOI (Viet Nam)

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE

CONTRIBUTIONS A L'ETUDE DU VOLUME CARDIAQUE
CHEZ L'ENFANT ET CHEZ L'ADOLESCENT :

- 1 - Limites normales,
- 2 - Intérêt de pronostic du volume cardiaque
dans l'insuffisance mitrale rhumatismale
chez les jeunes.

Président : Monsieur J. LENEGRÉ, Professeur.

ÉDITIONS A.G.E.M.P. 40 RUE PASCAL PARIS

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Alajouanine (T.), Bénard (H.), Bernard (E.), Binet (L.), Bulliard (H.), Cathala (J.), Chabrol (E.), Chailley-Bert (P.), Cheymol (J.), Debré (R.), Fey (B.), Galliard (H.), Gaudart d'Allaines (F. de), Gennes (L. de), Giroud (A.), Hazard (R.), Heuyer (G.), Laroche (G.), Lavier (G.), Lelong (M.), Lévy (M^{lle} J.), Lévy-Solal (E.), Lian (C.), Marchal (G.), Mathieu (P.), Monod (R.), Moreau (R.), Moulounguet (P.), Pasteur Vallery-Radot, Petit-Dutaillis (D.), Piédelièvre (R.), Quénu (J.), Renard (G.), Senèque (J.), Strohl (A.), Tanon (L.), Verne (J.).

DOYEN Georges BROUET.

1^{er} ASSESSEUR } Daniel BARGETON

2^e ASSESSEUR } Jean GOSSET

I. — PROFESSEURS

1^o CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

a) Professeurs titulaires :

MM.

Anatomie	DELMAS (A.)
—	HUARD (P.)
Anatomie et cytologie pathologiques	DELARUE (J.)
Anesthésiologie	VOURC'H (G.)
Bactériologie et virologie	TOURNIER (P.)
Biochimie médicale	JAYLE (M.-F.)
—	POLONOVSKI (J.)
—	DESGREZ (P.)
Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports	MALMEJAC (J.)
Biologie médicale	FAUVERT (R.)
Biophysique médicale	BUGNARD (L.)
—	DOGNON (A.)
—	DJOURNO (A.)
Cancérologie expérimentale	MATHÉ (G.)
Chimie pathologique	SCHAPIRA (G.)
Génétique fondamentale	LEJEUNE (J.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie	COURY (Ch.)
Histologie et Embryologie	TUCHMANN-DUPLESSIS (H.)
—	COUJARD (R.)
Hygiène et médecine préventive	BOYER (J.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale, Droit médical et déontologie	DEROBERT (L.)
Microbiologie (Bactériologie et virologie)	FASQUELLE (R.)
Parasitologie	N...
Pathologie chirurgicale	LAURENCE (G.)
—	KUSS (R.)
—	VERNE (J.-M.)
Pathologie exotique	BRUMPT (L.-G.)
Pathologie expérimentale et comparée	MERKLEN (F.-P.)
Pathologie médicale	LAROCHE (Cl.)
—	BRICAIRE (H.)
—	PÉQUIGNOT (H.)
Pathologie respiratoire	TURIAF (J.)
Pathologie et thérapeutique générales	MAURICE (P.)
Pharmacologie	BOISSIER (J.-R.)
—	LECHAT (P.)
Physiologie	BARGETON (D.)
—	PARROT (J.)
Physiologie et pathologie obstétricales	LEPAGE (F.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)

Technique chirurgicale et Chirurgie expérimentale	MM.
Thérapeutique	N...
Thérapeutique appliquée	LANOYTE (M.)
	N...

b) Professeurs à titre personnel :

Anatomie	CABROL (Ch.)
Anatomie anthropologique	OLIVIER (G.)
Anatomie pathologique	NEZELOF (Ch.)
Bactériologie	BARBIER (P.)
Biochimie médicale	DREYFUS (J.-Cl.)
Biologie médicale	BOURLIERE (F.)
Parasitologie	LARIVIERE (M.)
Pathologie expérimentale	LOEPER (J.)
Physiologie	{ DEJOURS (P.)
	{ SCHERRER (J.)
	{ KELLERSHORN (L.)
Physique médicale	{ GOUGEROT (L.)
	{ ROUCAYROL (J.-Cl.)
	{ TUBIANA (M.)
Radiologie médicale	FISCHGOLD (M.)

2° CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES

a) Professeurs titulaires :

	MM.
Clinique carcinologique	DENOIX P.
Clinique carcinologique chirurgicale (Necker)	REDON (H.)
Clinique cardiologique (Broussais)	SOULIÉ (P.)
— (Beaujean)	LENÈGRE (J.)
Cliniques chirurgicales	{ Beaujon LORTAT-JACOB (J.-L.)
	{ — BAUMANN (J.)
	{ Cochin LEGER (L.)
	{ Hôtel-Dieu PATEL (J.)
	{ Saint-Antoine GOSSET (J.)
	{ Salpêtrière SIGARD (A.)
	{ Tenon OLIVIER (Cl.)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique (Cochin)	MERLE d'AUBIGNÉ (R.)
— (Foch)	PADOVANI (P.)
— (Beaujon)	CAUCHOIX (J.)
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants-Malades)	FÈVRE (M.)
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire (Broussais)	DUBOST (Ch.)
Clinique de chirurgie thoracique (Laennec)	MATHEY (J.)
Clinique dermatologique (Saint-Louis)	DUPERRAT (F.)
Clinique endocrinologique (Pitié)	DECOURT (J.)
Clinique de Génétique médicale (Enfants-Malades)	LAMY (M.)
Clinique chirurgicale et gynécologique (Broca)	HUGUIER (J.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis)	DEGOS (R.)
Clinique des maladies des enfants (Enfants-Malades)	TURPIN (R.)
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard)	MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne)	DELAY (J.)
Clinique des maladies du sang (Broussais)	BERNARD (J.)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière)	CASTAIGNE (P.)
	{ Bicêtre DEPARIS (M.)
	{ Broussais MILLIEX (P.)
	{ Cochin N...
Cliniques médicales	{ Hôtel-Dieu BARIÉTY (M.)
	{ Pitié DREYFUS (G.)
	{ Saint-Antoine CORTE (M.)
	{ Saint-Antoine KOURILSKY (R.)
	{ Saint-Antoine BOUDIN (R.)

Clinique d'hydrologie et de climatologie (Bichat)	DEBRAY (Ch.)
Clinique médicale infantile et pédiatrie sociale (Enfants-Malades)	MAHIE (J.)
Clinique médicale propédeutique (Broussais)	JUSTIN-BESANGON (L.)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies métaboliques (Hôtel-Dieu)	DEROT (M.)
Clinique néphrologique (Necker)	HAMBURGER (A.)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)	DAVID (M.)
Clinique neurologique (Salpêtrière)	GARCIN (R.)
Cliniques obstétricales	Baudelocque
	Saint-Antoine
Clinique obstétricale et gynécologique (Port-Royal)	LACOMME (R.)
Clinique ophtalmologique (Hôtel-Dieu)	MERCIER (R.)
(Cochin)	VARANDOT (J.)
Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)	OFFRET (G.)
Clinique de pédiatrie (Trousseau)	BREGAT (P.)
Clinique de pédiatrie et de guériteure (Saint-Vincent-de-Paul)	AUBRY (M.)
Clinique de pneumo-phthisiologie (Laennec)	MOZZICONACCI (P.)
Clinique de neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)	THIEFFRY (G.)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)	BROUET (G.)
Clinique de rhumatologie (Lariboisière)	NICHAUX (L.)
Clinique stomatologique (Salpêtrière)	COSTE (F.)
Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)	SÈZE (S. de)
Clinique thérapeutique médicale (Saint-Antoine)	DECHAUME (M.)
Clinique toxicologique (F. Vidal)	ROUX (M.)
Clinique traumatologique et orthopédique (R.-Poincaré)	LEMAIRE (A.)
Clinique urologique (Cochin)	GAULTIER (M.)
(Necker)	JUDET (R.)
Hygiène et clinique de la première enfance (Trousseau)	ABOULKER (P.)
Sémiologie médicale (A. Chantin)	COUVELAIRE (R.)
(Lariboisière)	LAPLANE (R.)
(Pitié)	DUMART (A.)
(Rothschild)	BOUVRAIN (V.)
Sémiologie et clinique chirurgicales (Broussais)	RAMBERT (F.)
	WOLFROMM (R.)
	POILLEUX (F.)

b) Professeurs à titre personnel :

Hématologie	ANDRÉ (R.)
	BOUSSER (J.)
Hydrologie et climatologie	GIBERTON (A.)
Maladies infectieuses	BASTIN (R.)
	AZERAD (E.)
	BOUR (H.)
	CAROLI (J.)
	DREYFUS (B.)
	GROSSIORD (A.)
Médecine	LAMBLING (A.)
	LAUNAY (Cl.)
	PAYET (M.)
	PERRAULT (M.)
	SIGUIER (F.)
	WORMS (R.)
Néphrologie	RICHET (G.)
Neuro-chirurgie	LE BEAU (G.)
Neurologie	LHERMITTE F.
Neuro-psychiatrie	PICHOT (P.)
Oto-Rhino-Laryngologie	MADURO (G.)
	POLONOVSKI (Cl.)
Pédiatrie	ROYER (P.)
	KREIS (B.)
Pneumo-Phthisiologie	MEYER (A.)
Rhumatologie	DELSARRE (F.)

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE

	MM		MM.
Anatomie pathologique . . .	BOUYGOU (Ch.)	Maladies infectieuses . . .	DUPONT (V.)
Bactériologie	CHRISTOL (D.)	Neuro-psychiatrie	TARDIEU (G.)
Biochimie médicale	{ GARTIER (P.)	Pédiatrie	ROSSIER (A.)
	{ GONNARD (P.)		
	{ NORDMANN (J.)	Physique médicale	{ COURSAGET (J.)
Biologie médicale	HARTMANN (L.)		{ GREMY (F.)
Chirurgie	GERBONNET (G.)	Physiologie	GIRARD (Fr.)
Hématologie	BILSKI-PASQUIER (G.)	Stomatologie	CHAPUT (M ^{me} A.)

III. — PROFESSEURS DÉTACHÉS DANS LES UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES

Bactériologie	HAUDUROY (P.) Pr. s. ch.
Pathologie chirurgicale	RUDLER (J.) Pr. s. ch.

IV. — PROFESSEURS ASSOCIÉS

Hormonologie	MORICARD (R.)
Statistique médicale et épidémiologique . .	SCHWARTZ (D.)

Secrétaire général de la Faculté	M. LENA (J.)
Conseiller administratif	Mlle CHAINTREUIL (G.)
Conservateur en Chef de la Bibliothèque . .	M. le Docteur HAHN (A.)
Conservateur du Musée d'Histoire de la Médecine	
Conservateurs	{ Mlles DUMAITRE (P.), LAURENT (H.),
	{ LE NOIR (G.)
Bibliothécaires	{ Nimes CONTET (J.), FORGET (F.),
	{ Mlles DUROZOY (M.-F.), ROBERGE (D.), Dr SCHILLER (J.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A Monsieur le Professeur Jean LENEGRÉ

Qui nous a fait le très grand honneur
d'accepter la présidence de cette thèse
et dont l'enseignement nous a toujours
profité.

En témoignage de notre respectueuse gratitude
et de notre vive admiration.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549028_0030

A Monsieur le Professeur Lucien BRUMPT

En remerciement du généreux soutien
qu'il a toujours prodigué
à ses élèves de Hanof où il a enseigné.

A Monsieur le Professeur Jean CATHALA

Qui nous a introduit à la pédiatrie.
En témoignage de notre reconnaissance.

A SAN, TRUNG, HIỆP, NGỌC OANH, NGỌC THỦY,

MINH, KHANH, HẢI, AN,

Car eux tous ont contribué.

A mes Parents,

Mme et Mr le Docteur NGÔ TRỰC TUÂN,

Mme et Mr HOANG XUÂN HẮN,

MEIS ET AMICIS

Dont l'affection et le soutien
nous ont permis de répondre
aux exigences de notre vocation.

A Leonard C. HARRIS, M.D., M.R.C.P., F.A.C.C.

Associate Professor of Pediatrics

The University of Texas - Medical Branch

Dont l'enseignement, les conseils
et le soutien nous ont permis
de franchir les étapes les plus
difficiles de notre spécialisation.

Melvin H. SCHREIBER, M.D.

Associate Professor of Radiology

John and Mary R. Markle Foundation

Scholar in Academic Medicine

The University of Texas - Medical Branch

En remerciement de l'accueil habituel-
lement réservé aux amis et co-auteurs.

Alvin E. RODIN, M.D.

Associate Professor of Pathology

The University of Texas - Medical Branch

En remerciement de ses contributions.

John E. OVERALL, Ph. D.

Director of Research Computation Center

The University of Texas

Dont l'apport statistique
a rendu ces travaux possibles.

A Charles A. JANEWAY, M.D.
Thomas Morgan Rotch Professor of Pediatrics
Harvard Medical School
Physician-in-Chief
Children's Hospital Medical Center
Boston, Massachusetts

Dont l'enseignement et le soutien
nous ont permis notre spécialisation.

C. William DAESCHNER, M.D.
Professor and Chairman
Department of Pediatrics
The University of Texas - Medical Branch

Qui nous a ouvert une voie
toute nouvelle.

A la mémoire de Maurice N. KAY, M.D., F.A.A.P.
Chief of Pediatrics
Roger Williams General Hospital
Providence, Rhode Island

Hommage respectueux.

To Mrs Maurice N. KAY and Margie KAY
Kindest regards.

A Banice FEINBERG, M.D., F.A.A.P.
Chief of Pediatrics
The Rhode Island Hospital
Providence, Rhode Island

En remerciement de son généreux soutien.

VOLUME CARDIAQUE

Le problème de l'évaluation du volume du coeur à partir de la silhouette cardiaque telle qu'elle apparaît sur les radiogrammes du thorax de face et de profil a toujours retenu l'attention du clinicien et du radiologue.

Bien que les méthodes de calcul du volume cardiaque aient été proposées indépendamment par ROHRER⁴⁵ en 1916 et par KAHLSTORF²² en 1932, simplifiées ensuite par JONSELL²¹ (1939), puis précisées quant à ses limites d'erreur par LARSSON et KJELLBERG²⁸ (1948), par KJELLBERG, LÖNROTH, HENRIK et RUDHE²⁷ (1951) et tout récemment encore par EVANS et CARPENTER¹² (1965), leur introduction en pratique courante a été lente, surtout en Amérique du Nord où des auteurs connus (TAUSSIG et GOLDENBERG⁵², 1941; KEITH, ROWE et VLAD²⁴, 1958; ROSE, COLLINS, KIDD et KEITH⁴⁴, 1966) attachent une grande importance à une méthode beaucoup plus simple qui est celle du quotient cardio-thoracique. Pour eux, ce quotient permet de reconnaître et de différencier les coeurs qui ont plus ou moins augmenté de volume.

Par ailleurs, malgré l'apport de COMEAU et WHITE (1939 et 1942)^{7,8} qui ont établi de nouveau les limites normales du volume cardiaque chez l'adulte sur des bases préliminaires de statistique, l'utilité des mesures volumétriques du coeur est encore mise en doute (FRIEDBERG¹⁴, 1958). Mais, à la suite des travaux de DOMENET, EVANS et HOWARTH⁹ en 1963, on assiste à un regain d'intérêt de la détermination du volume cardiaque (REEVES⁴³, 1964; KEATS et ENGE²³, 1965).

Chez l'enfant et chez l'adolescent, les limites normales du volume du coeur sont inconnues (NYLIN⁴², 1965), sauf chez les enfants de moins de deux ans (LIND³², 1950). Aussi ne sait-on pas avec certitude⁴² s'il faut exprimer le volume cardiaque en fonction du poids du corps ou en fonction de la surface cutanée. Certaines valeurs normales¹¹ dont nous avons pris connaissance nous paraissent peu vraisemblables. En effet, d'après les résultats publiés par EEK¹¹ (1949), on aurait pu croire que le volume cardiaque par mètre carré

de surface cutanée crût avec l'âge jusqu'à 16 ans, alors que chez l'adulte ce rapport demeure inchangé (MAUREA, NYLIN et SOLLBERGER³⁸, 1955), surtout en l'absence de modifications électrocardiographiques que l'âge pourrait apporter (STRANDELL⁵⁰, 1964).

Aussi nous proposons-nous, en premier lieu, d'établir le volume cardiaque normal en examinant des sujets sains, de la naissance jusqu'à la fin de l'adolescence. Suppléant à l'absence d'une observation longitudinale qui aurait exigé une vingtaine d'années, nous avons sélectionné des sujets dont la hauteur et le poids sont strictement conformes aux normes établies pour une population définie^{13, 51}. Les rapports entre, d'une part, le volume cardiaque et de l'autre, la surface cutanée, le poids du corps, l'âge, la race et le sexe du sujet seront statistiquement examinés afin de pouvoir prédire, pour un sujet donné, les limites volumétriques normales du coeur.

Notre second objectif est de chercher et de démontrer quelle est la meilleure des deux méthodes précédentes - celle du quotient cardio-thoracique ou celle du volume cardiaque - utilisées comme un moyen clinique d'estimation quantitative de la gravité de l'insuffisance mitrale rhumatismale chez les jeunes. Dans une étude précédente¹⁹, la relation étroite entre le volume cardiaque et l'évolution de cette affection valvulaire nous a beaucoup frappé.

*
* * *

Figure I

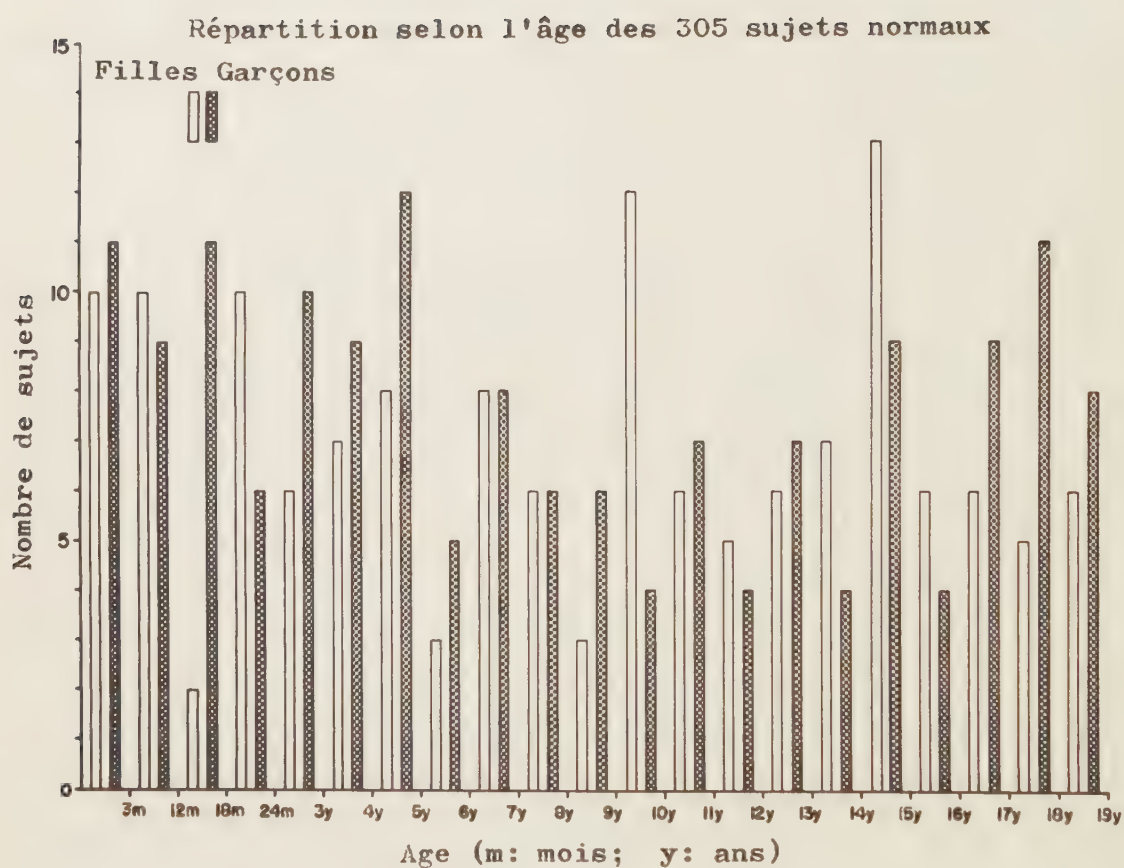


Fig. 1. - Au départ, l'échantillon est fait de sujets pris dans tous les groupes d'âge, de la naissance jusqu'à 19 ans. Pour les deux premières années où la croissance est rapide, le nombre des sujets est doublé. La répartition de l'échantillon selon l'âge est aussi homogène que celle selon le poids du corps (V. Fig. II et III).

POPULATION ETUDIEE ET METHODES GEOMETRIQUES RADIOLOGIQUES

DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON

A - SUJETS SAINS

Quatre cent cinquante-et-une paires de téléradiogrammes de face et de profil, jugés normaux dans un centre hospitalier universitaire, ont été réexaminés par nous-même et deux autres médecins, dont un radiologue et un cardiologue, pour nous assurer qu'il n'y a pas de signes radiologiques d'affections pulmonaires et cardiaques. Tous les clichés sont pris sur des sujets debout, sauf chez les enfants de moins de 6 mois pour qui le décubitus dorsal est de règle.

Le volume cardiaque est calculé d'après une méthode simplifiée sur laquelle nous reviendrons plus loin⁴⁷. Les dossiers et les observations cliniques de chaque sujet ont été revus selon un certain nombre de critères. Ceux qui sont suspects d'affections cardiaques et pulmonaires sont éliminés. Sont aussi exclus les sujets obèses ou souffrant de déshydratation ou de malnutrition, ainsi que les jeunes femmes enceintes. D'autres conditions requises sont les résultats normaux de l'examen des urines et de la numération et formule globulaires, le poids et la taille dans les normes de croissance établies^{13, 51}.

Au terme de cette sélection, 305 sujets satisfont aux conditions imposées. La plupart d'entre eux sont venus à la consultation externe ou sont hospitalisés pour des raisons chirurgicales telles que l'herniorrhaphie, la réparation de cicatrices de brûlures, etc...

On note :

- garçons	158
- filles	147
- origine caucasienne	206
- origine africaine	99
- âge (fig. 1)	quelques heures après la naissance jusqu'à 18 ans 9 mois

- poids du corps 2,910 Kg à 75,450 Kg
- surface cutanée 0,18 m² à 1,87 m²

Quarante-six sujets dont la taille et le poids sont légèrement en dehors des limites de 5 % des normes de croissance sont soumis à une étude analytique séparée. Comme la prédiction de leur volume cardiaque n'est guère différente du reste malgré qu'ils soient un peu plus grands ou plus petits, ils sont alors inclus dans l'ensemble de l'échantillon afin de former une population statistique qui se rapproche de celle des sujets sains pris au hasard parmi la population réelle. Quant à la surface cutanée, elle est calculée directement, à l'aide de ordinateur, du poids et de la taille d'après la formule de DUBOIS et DUBOIS¹⁰. Toutes les données obtenues sont soumises à l'analyse statistique.

B - SUJETS MALADES

Chez vingt-sept sujets souffrant d'insuffisance mitrale rhumatismale dont nous avons fait une description détaillée dans une étude antérieure¹⁹, le volume cardiaque et le quotient cardio-thoracique sont déterminés de façon suivie. Nous avons ensuite établi la corrélation de ces mesures avec l'évolution clinique de ces sujets. Quand ils sont hospitalisés pour une poussée rhumatismale ou pour une décompensation cardiaque isolée, des radiogrammes du thorax sont pris une fois par mois, ou même une fois par semaine, surtout si le volume cardiaque change assez rapidement. A la consultation externe, des clichés sont pris tous les 6 mois ou une fois par an chez les sujets bien portants. Les observations détaillées de l'issue fatale ont été faites chez six des sept cas où les malades sont morts de défaillance cardiaque et l'autopsie a été pratiquée sur deux d'entre eux. Au total, nous notons :

- durée moyenne d'observation 5 ans et 3 mois
- durée médiane 4 ans et 2 mois
- extrêmes 13 mois (évolution
 rapidement fatale)
 à 12 ans et 3 mois.

On considère qu'un malade souffre d'une poussée rhumatismale récurrente s'il est atteint à nouveau d'une angine, d'une inflammation articulaire, d'une péricardite, de la chorée de Sydenham, ou s'il présente des nouures ou un érythème de type rhumatismal. D'autres critères biologiques

utilisés servent à mettre en évidence la réinfection streptococcique ou l'inflammation aiguë (taux anormal d'antistreptolysine O, vitesse de sédimentation élevée, réaction à la protéine C positive). Chaque nouvelle atteinte rhumatismale, ainsi reconnue, est considérée comme associée à une cardite aiguë. La décompensation cardiaque en elle-même ou l'augmentation du volume cardiaque - sans épanchement péricardique évident ou de nouveaux signes de lésion des valvules jusque là considérées comme indemnes (la valvule tricuspide exceptée) - n'a pas été considérée comme la conséquence nécessaire d'une poussée rhumatismale évolutive. Les critères histologiques, proposés par GROSS et EHRLICH¹⁸, sont employés afin de juger si un sujet est mort de défaillance cardiaque ou de myocardite rhumatismale aiguë. Nous avons confié à un médecin anatomo-pathologiste la tâche de réexaminer les coupes histologiques des deux sujets arrivés à l'autopsie, ainsi que les pièces biopsiques de l'oreillette gauche et de la valvule mitrale de deux autres, qui ont eu la prothèse mitrale de STARR et d'EDWARDS. Les diagnostics à nouveau portés sont en accord avec ceux qui ont été faits et enregistrés aux dossiers.

Ainsi chez les 27 sujets souffrant d'insuffisance mitrale rhumatismale, 198 déterminations du volume cardiaque ont été faites et les résultats, représentés dans l'ordre chronologique sur un graphique en fonction du corps, font ressortir la tendance évolutive chez chacun d'eux. La corrélation du quotient cardio-thoracique avec le volume cardiaque a pu être étudiée en relevant ces deux valeurs des mêmes paires de clichés thoraciques (179 paires utilisées).

METHODES UTILISEES

La méthode simplifiée du calcul du volume cardiaque (SCHREIBER⁴⁷, 1964) consiste à assimiler le volume du coeur à celui d'une ellipsoïde. Elle utilise une constante unique pour corriger l'agrandissement dû à la divergence des rayons X et elle exige que la distance de la cathode aux films soit fixe. Dans notre étude, cette distance est maintenue à 183 cm.

$$\begin{aligned}\text{Volume cardiaque} &= \frac{\pi}{6} \times A \times L \times M \times N \\ &= 0,44 L. M. N.\end{aligned}$$

A = facteur de correction de l'agrandissement, tenant compte des distances usuelles : centre du coeur-films dans les projections postéro-antérieure et latérale.

L = le plus grand diamètre du coeur depuis l'angle : veine cave supérieure-oreillette droite jusqu'à la pointe du coeur (fig. 9).

M = la somme des distances à angle droit du plus grand diamètre (L) à l'angle cardio-phrénique à droite d'une part et à la jonction de l'arc pulmonaire et de l'arc auriculaire de l'autre.

N = diamètre antéro-postérieur du coeur, allant du bord postérieur du sternum à la tangente au contour postérieur du coeur la plus éloignée du sternum.

La mesure de la reproductivité de la méthode du volume cardiaque a été évaluée en comparant les résultats obtenus par le lecteur, qui a déterminé le volume cardiaque de l'ensemble de l'échantillon, à ceux obtenus par deux autres lecteurs à qui l'on a laissé l'entière liberté de choisir et de mesurer les diamètres cardiaques. Quatre-vingt-treize radiogrammes, pris au hasard dans tous les groupes d'âges, ont été indépendamment lus et les résultats ainsi obtenus permettent de juger (1) de la tendance individuelle d'appréciation de chaque lecteur, (2) des erreurs de mesure et surtout (3) des variations possibles des équations de régression.

Le quotient cardio-thoracique, défini selon NADAS³⁹ (1963), est la somme des distances les plus grandes depuis la ligne médiane (passant par le milieu des vertèbres sur les clichés thoraciques de face) aux bords droit et gauche du coeur, divisée par le plus grand diamètre interne du thorax au-dessus des insertions du diaphragme (fig. 9). La ligne horizontale passant tangentielllement au dôme droit du diaphragme devient indéfinissable quand le coeur augmente de volume, car ce dôme lui-même est inclus dans l'ombre cardiaque.

T A B L E A U I

Etude comparative des rapports existant entre, d'une part, la surface cutanée ou le poids du corps, et, de l'autre, le volume cardiaque

Population statistique	Nombre de sujets	Coefficient de la corrélation	Equations de régression	Limites de confiance de 95 %		
				Supérieure	Inférieure	Exprimée en % de la valeur moyenne
Echantillon restreint - garçons - filles	261	0,981	$Y = 284 S$	413 S	155 S	$\pm 45 \%$
	132	0,980	$= 295 S$	434 S	156 S	$\pm 47 \%$
	129	0,987	$= 273 S$	388 S	159 S	$\pm 42 \%$
Echantillon restreint - garçons - filles	261	0,987	$= 11,0 X$	14,5 X	7,5 X	$\pm 32 \%$
	132	0,990	$= 11,4 X$	14,7 X	8,1 X	$\pm 29 \%$
	129	0,990	$= 10,6 X$	13,1 X	7,0 X	$\pm 34 \%$
Total de l'échantillon	305	0,985	$= 10,8 X$	14,5 X	7,0 X	$\pm 34 \%$
- garçons	158	0,985	$= 11,3 X$	19,5 X	7,7 X	$\pm 32 \%$
- filles	147	0,989	$= 10,3 X$	13,9 X	6,8 X	$\pm 34 \%$

L'échantillon restreint comprend 261 sujets dont le poids et la surface cutanée sont connus. Comme la prédiction du volume cardiaque du reste (44 sujets), basée sur le poids du corps, ne présente aucune différence d'avec le premier groupe, une analyse du total de l'échantillon a été faite.

Y : volume cardiaque en ml - X : poids du corps en Kg - S : surface cutanée en m²
calculée à partir de la formule de DuBois et DuBois.

Figure II

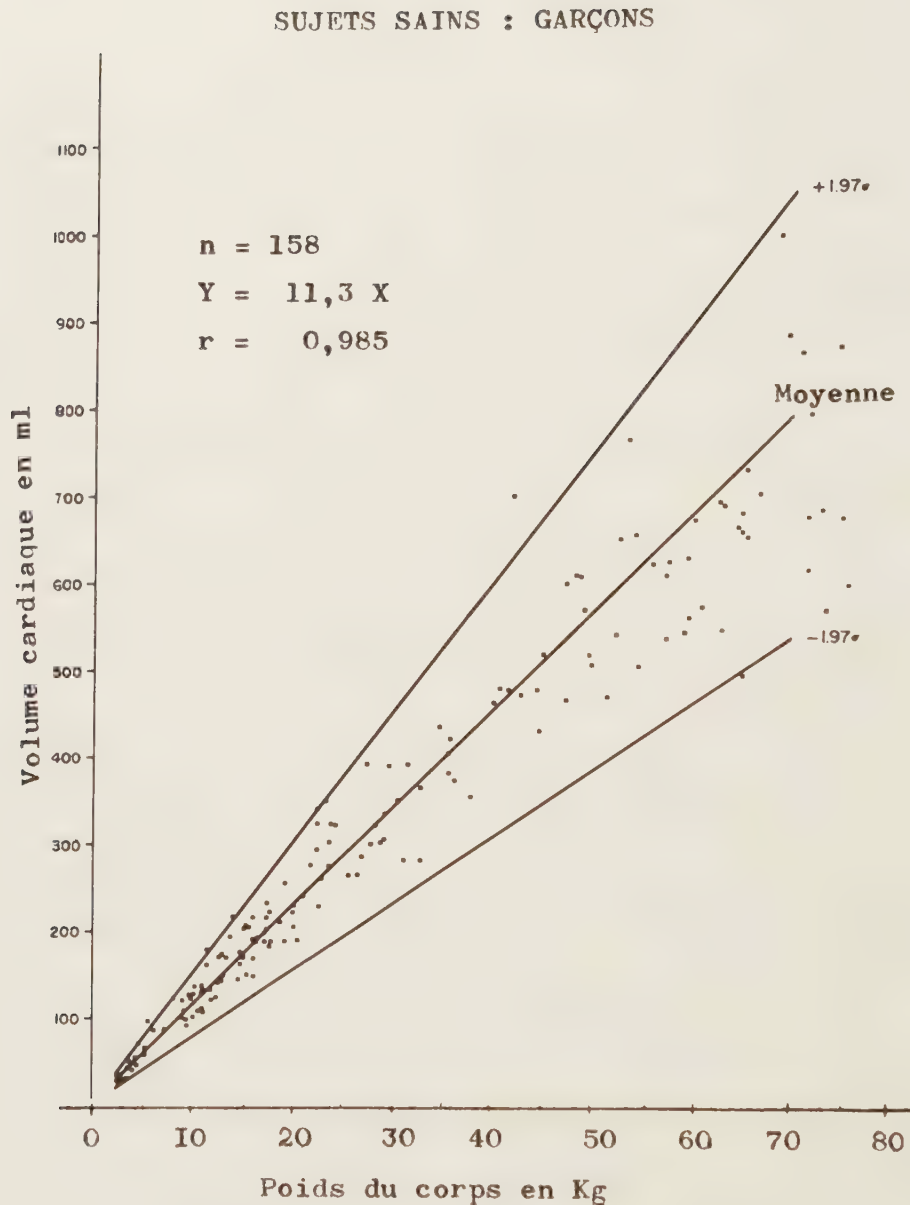


Fig. 2 . - Graphique du volume cardiaque en fonction du poids du corps chez les garçons : ci-dessus sont représentées la ligne de régression (valeur moyenne) et les limites de confiance au 95 e (+ 32 % de la valeur moyenne ou $\pm 1,97$ déviation standard). σ = déviation standard, ou écart-type, n = nombre de sujets, Y = volume cardiaque en ml, X = poids du corps en kg.

Figure III

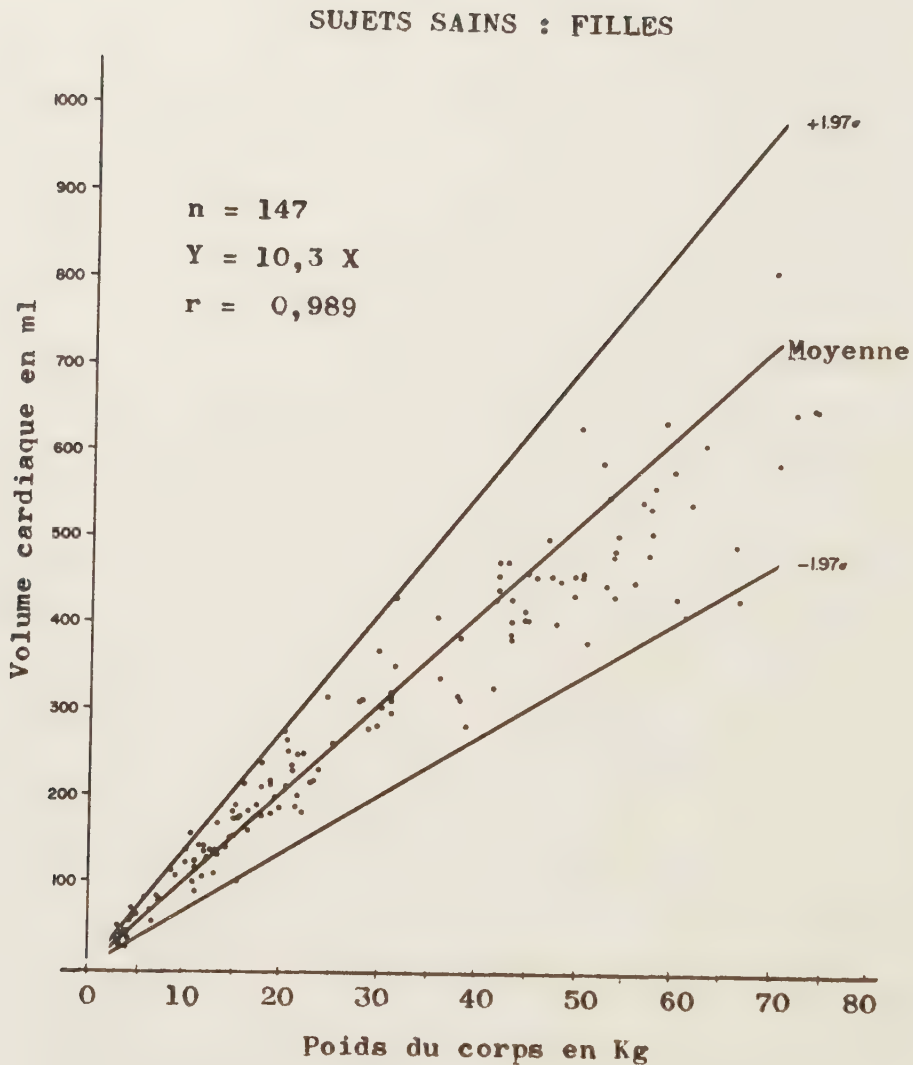


Fig. 3. - Graphique du volume cardiaque en fonction du poids du corps chez les sujets de sexe féminin : Ci-dessus sont représentées la ligne de régression (valeur moyenne) et les limites de confiance au 95e ($\pm 34\%$ de la valeur moyenne ou $\pm 1,97$ déviation standard). σ = déviation standard, ou écart-type, n = nombre de sujets, y = rythme cardiaque en ml, X = poids du corps en kg.

R E S U L T A T S

I - SUJETS NORMAUX

Pour les 261 sujets sains dont la surface cutanée est connue, les coefficients de corrélation (r) de diverses variables en relation avec le volume cardiaque sont comme suit :

<u>Variables</u>	<u>"r"</u>
Race du sujet	- 0,032
Sexe du sujet	- 0,036
Age	0,913
Taille	0,904
Poids du corps	0,960
Surface cutanée	0,950

Le volume cardiaque ne diffère pas d'une race à une autre. L'analyse de régression multiple⁴⁸ montre que l'âge ne contribue pas à la prédiction du volume du coeur quand le poids du corps est aussi employé comme un variable indépendante. Au contraire, si l'on tient compte du sexe du sujet, la prédiction du volume cardiaque à partir du poids du corps est sensiblement meilleure. Entre garçons et filles, la différence, en ce qui concerne le volume cardiaque, est statistiquement probable aux 5 millièmes ($t = 6,03$ et $p = 0,005$). Par conséquent, deux lignes de régression du volume cardiaque en fonction du poids corporel doivent être adoptées.

On trouve au Tableau I les équations de régression
Volume cardiaque / Surface cutanée et Volume cardiaque / Poids corporel.
Quand le poids du corps est utilisé pour prédire le volume du coeur, les limites de confiance de 95% sont de ± 32 % de la valeur moyenne pour les garçons et de ± 34 % de la valeur moyenne pour les filles (fig. 2 et 3). Par contre, quand la surface cutanée est employée pour le prédire, ces limites de confiance sont portées à ± 42 % pour les garçons et à ± 47 % pour les filles.

TABLEAU II

Le choix de l'équation la plus adéquate permettant de prédire le volume cardiaque d'un sujet dont le poids du corps est connu

Sujets étudiés		Equations de régression	Coefficient de corrélation (r)	Limites de confiance de 95 %		
Sexe	Nombre (n)			Supérieure	Inférieure	Exprimée en % de la moyenne
Garçons	158	$Y = 11,3 X$	0,985	19,5 X	7,7 X	+ 32 %
		$Y = 10,2 X + 26$	0,956	-	-	-
		$Y = 12,1 X$ 0,973	0,983	-	-	+ 36 %
		$Y = 88,7 e$ 0,0342 X	0,890	-	-	- 26 %
Filles	147	$Y = 10,3 X$	0,989	13,9 X	6,8 X	+ 34 %
		$Y = 8,6 X + 33$	0,965	-	-	-
		$Y = 13,6 X$ 0,906	0,981	-	-	+ 36 %
		$Y = 78,2 e$ 0,0358 X	0,895	-	-	- 26 %
Total	305	$Y = 10,8 X$	0,985	14,5 X	7,0 X	+ 34 %

Y : volume cardiaque en ml

X : poids du corps en Kg

T A B L E A U I I I

De la prédiction du volume cardiaque normal à partir des résultats séparément obtenus par trois lecteurs qui ont effectué la mesure du volume cardiaque.

Lec- teur	Nombre de cas examinés	Coefficient de corrélation	Equations de régression	Limites de confiance de 95 %		
				Supérieure	Inférieure	Exprimées en % de moyenne
I	305	0,985	$Y = 10,85 X$	14,56 X	7,13 X	$\pm 34 \%$
	261	0,987	$Y = 10,98 X$	14,52 X	7,44 X	$\pm 32 \%$
	93	0,988	$Y = 10,65 X$	14,50 X	6,82 X	$\pm 36 \%$
II	93	0,988	$Y = 10,69 X$	14,39 X	7,00 X	$\pm 35 \%$
III	93	0,988	$Y = 10,80 X$	14,54 X	7,04 X	$\pm 35 \%$

Y : volume cardiaque en ml

X : poids du corps en Kg

L'échantillon restreint comprend 261 sujets dont la surface cutanée et le poids du corps sont connus. De cet échantillon, 93 cas sont pris au hasard et soumis à la mesure volumétrique du cœur par deux autres lecteurs. L'analyse statistique selon le sexe des sujets n'a pas été nécessaire au but proposé qui est d'étudier l'erreur introduite par la tendance individuelle d'interprétation de chaque lecteur.

Les chiffres décimaux, arrondis au centième, sont reproduits à fin de comparaison.

T A B L E A U I V

Corrélation entre le quotient cardio-thoracique (QCT) et l'index volumétrique cardiaque (IVC) chez les sujets jeunes atteints de l'insuffisance mitrale rhumatismale (12 garçons et 15 filles)

Sexe des sujets	Nombre de mesures (n)	Equation de régression	Coefficient de corrélation (r)	Variance (r ²)	p
Garçons	71	IVC = 0,0032 QCT 3,053	0,920	0,85	0,001
Filles	108	IVC = 0,0564 QCT 2,278	0,939	0,88	0,001

Il y a donc une chance sur mille que le volume cardiaque par mètre carré de surface cutanée soit identique chez un garçon et une fille qui ont le même quotient cardio-thoracique.

Les équations de régression du volume cardiaque en fonction du poids du corps sont présentées au Tableau II ainsi que les coefficients de corrélation respectifs. Les fonctions linéaires sans constante ($Y = aX$) ont les coefficients les plus élevés. Quand on sépare les sujets en deux groupes - garçons d'un côté, filles de l'autre - le coefficient de corrélation s'améliore pour les filles alors que les limites de confiance se rapprochent de la valeur moyenne pour les garçons.

Le Tableau III montre le degré de reproductibilité de la méthode simplifiée du volume cardiaque. Si l'on prend, comme valeur de base, les résultats obtenus par le premier lecteur, une mesure faite par l'un des deux autres en diffère de 3 % en moyenne; dans les cas extrêmes, cette différence peut s'annuler ou monter jusqu'à 14 %; mais dans 95 % des cas, elle n'atteint pas 8 %. Les coefficients de corrélation des fonctions de régression, déduites des résultats de chacun des lecteurs, demeurent très élevés malgré les tendances individuelles d'interprétation de chacun d'eux et les erreurs **non systématiques** de mesure.

II - LE VOLUME CARDIAQUE ET LE QUOTIENT CARDIO-THORACIQUE CHEZ LES JEUNES ATTEINTS D'INSUFFISANCE MITRALE RHUMATISMALE

Le quotient cardio-thoracique, tel qu'il est défini dans notre étude, est une mesure relative qui fait le rapport de la projection horizontale du coeur, sur le plan frontal, au plus grand diamètre thoracique interne, pris à la fois comme facteur de correction pour la taille du sujet et pour l'agrandissement dû à la divergence des rayons X. En tant que mesure relative, le quotient cardio-thoracique (QCT) peut être comparé à l'index volumétrique cardiaque (IVC) que nous avons trouvé (Tableau I) indépendant de la croissance et de la taille du sujet.

L'équation de régression la plus appropriée, mettant en rapport (Tableau IV) l'IVC et le QCT, est une fonction curviligne. La différence entre garçons et filles, en ce qui concerne la valeur du QCT, est statistiquement probable au millième ($p = 0,001$). Deux équations de régression, pour les garçons d'un côté et pour les filles de l'autre, sont alors adoptées (fig. 4).

Figure IV

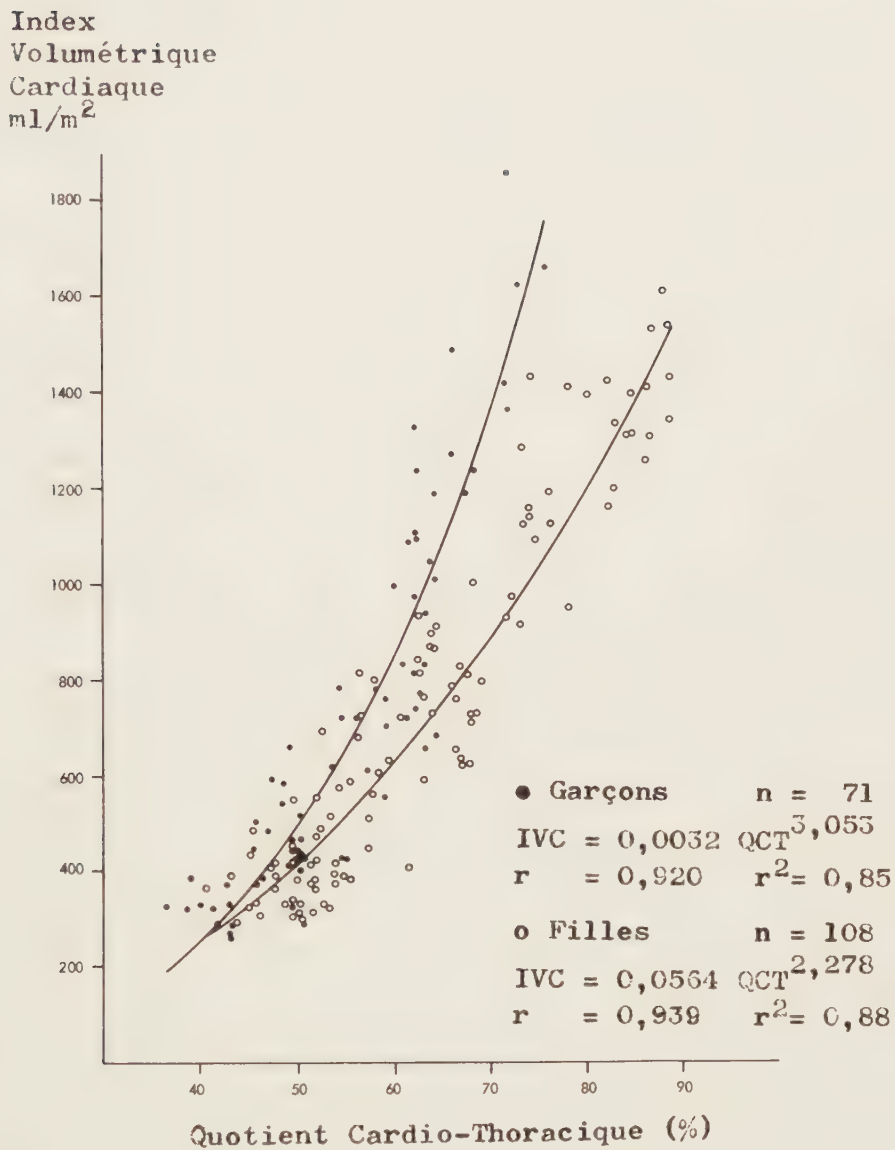


Fig. 4. - Lignes de régression de l'Index Volumétrique Cardiaque (IVC) sur le Quotient Cardio-Thoracique (QCT) chez les garçons et chez les filles atteints d'insuffisance mitrale rhumatismale. La différence de ces deux fonctions est probable au millièème ($p < 0,001$).
n : nombre de mesures de QCT et d'IVC ; r : coefficient de corrélation entre IVC et log. CTR ; r² : variance

Figure V

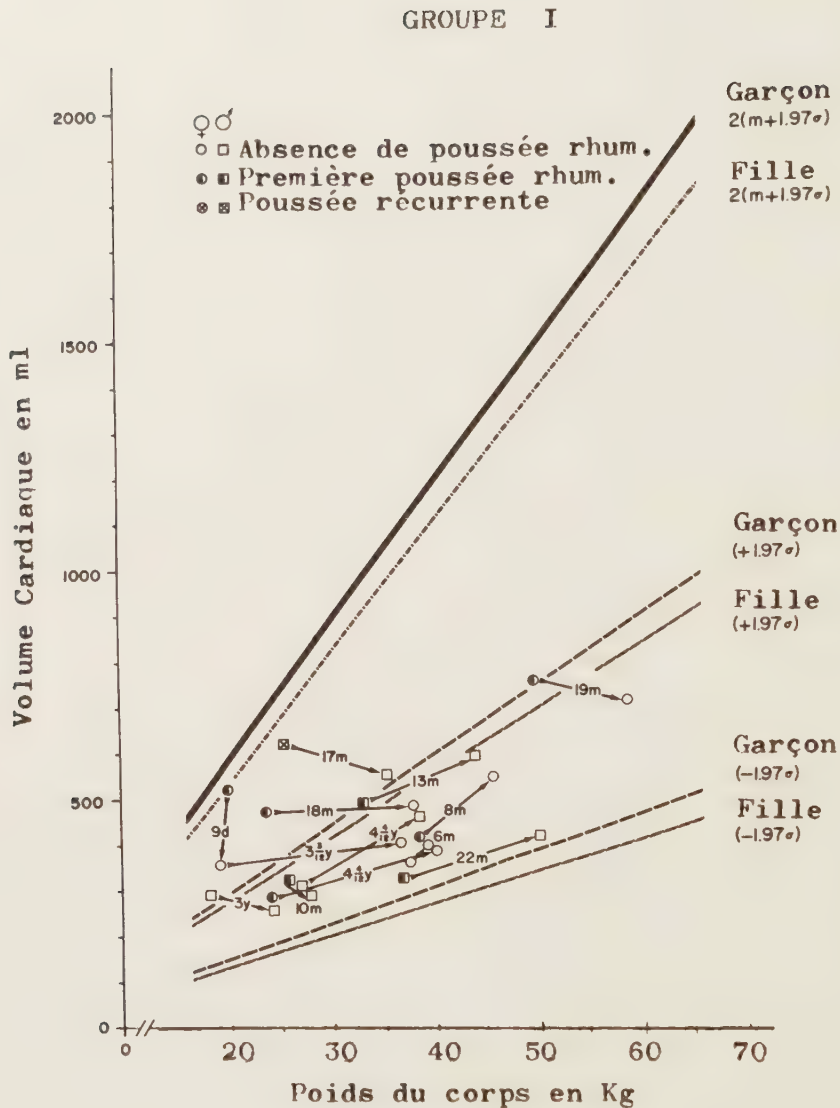


Fig. 5. - Variations du volume cardiaque chez les garçons et chez les jeunes filles atteints d'une légère insuffisance mitrale rhumatismale (Groupe I). Au cours d'une poussée rhumatismale aiguë, le volume cardiaque reste dans les limites normales ou augmente modérément sans jamais dépasser le double du volume normal le plus grand. Dans les années qui suivent, le volume du cœur rentre dans les limites physiologiques sauf chez un sujet qui a eu plusieurs poussées de cardite aiguë. (d = jours, m = mois, y = ans, σ = déviation standard, m = valeur moyenne).

A - LE QUOTIENT CARDIO-THORACIQUE

Quand on considère les valeurs du QCT au cours de l'évolution de l'insuffisance mitrale rhumatismale, on constate qu'elles peuvent aider à donner une idée de l'élargissement progressif du coeur ou celle de son retour à la configuration normale, malgré de larges fluctuations semblables au cas n° 9 dans l'étude de TAUSSIG et de GOLDENBERG⁵². Cependant, aucune valeur du QCT ne peut être proposée comme signe prémonitoire d'une suite défavorable ou même fatale. Prenons par exemple un QCT de l'ordre de $65 \% \pm 2 \%$; deux malades ont succombé avant que leurs QCT n'aient atteint ces chiffres; chez cinq autres, malgré un traitement bien conduit, le pronostic s'est assombri irrémédiablement, tandis que chez les trois suivants, le rétablissement était encore possible alors que leurs QCT ont largement dépassé ces valeurs.

B - LE VOLUME CARDIAQUE

Pour les 27 malades atteints d'insuffisance mitrale rhumatismale isolée et qui ont été soumis aux études hémodynamiques¹⁹, la tendance évolutive du volume cardiaque, au cours des années d'observation suivie, est représentée sur les figures 5 à 8. Ils sont classés en trois groupes, selon le degré de gravité de l'insuffisance mitrale.

Groupe I (malades ne présentant aucun symptôme de fatigue anormale à l'effort et chez qui le degré d'insuffisance mitrale est léger). On y compte 6 garçons et 6 filles (fig. 5). Le trait commun chez eux est le volume cardiaque normal ou devenu normal, sauf chez un garçon dont l'augmentation du volume du coeur est de 6% par rapport à la limite normale supérieure (ce malade a eu plusieurs poussées de cardite récurrente). Au cours d'une atteinte rhumatismale aiguë, le volume cardiaque chez six d'entre eux est demeuré normal ou très proche de la normale. Par contre, chez trois autres, il a augmenté de façon modérée. Enfin, chez les deux derniers, l'atteinte aiguë s'accompagnait d'une insuffisance cardiaque transitoire et d'une augmentation du volume du coeur, qui était assez importante mais qui ne dépassait pas le double de la limite normale supérieure.

Figure VI

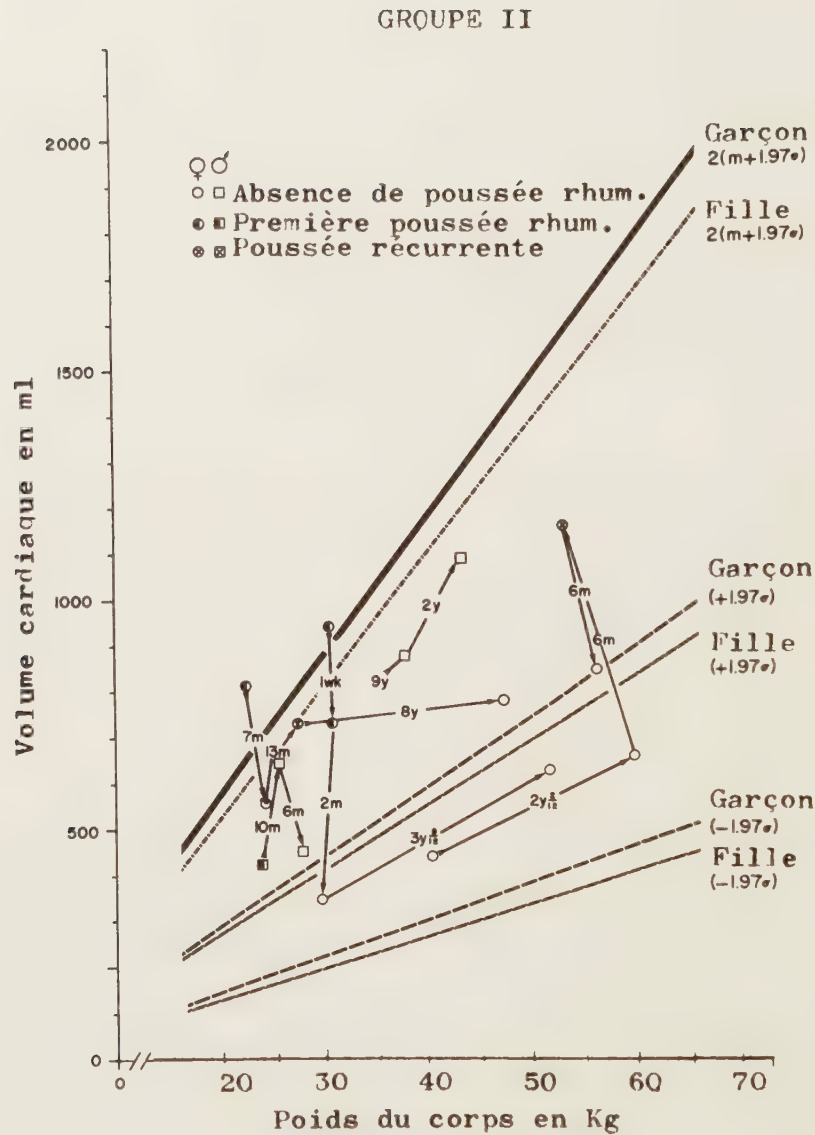


Fig. 6. - Variations du volume cardiaque chez les garçons et chez les jeunes filles atteints d'une insuffisance mitrale rhumatismale modérée (Groupe II). Au cours d'une poussée rhumatismale aiguë, le volume cardiaque peut dépasser le double de la limite supérieure de la normale. Dans les années qui suivent, chez tous sauf un, une cardiomégalie résiduelle persiste, allant de 9 à 70 % au-delà de la limite supérieure du volume cardiaque normal (wk = semaine, m = mois, y = an, σ = déviation standard, m = valeur moyenne).

Figure VII

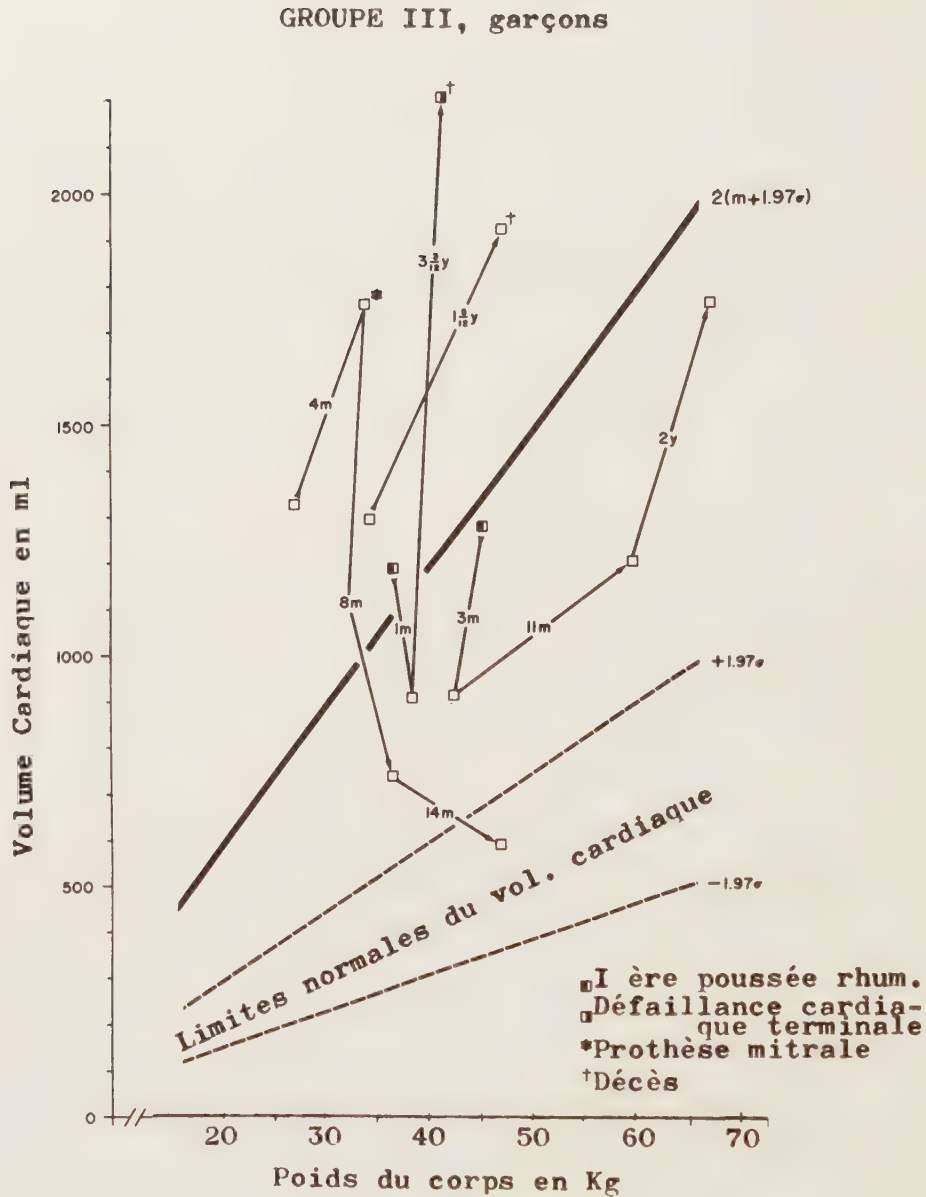


Fig. 7. - Variations du volume cardiaque chez les garçons atteints d'une grave insuffisance mitrale rhumatismale (Groupe III). L'augmentation rapide du volume du coeur cesse d'être en proportion normale avec le gain de poids. Chez le sujet qui a eu la prothèse mitrale, le retour du volume cardiaque dans les limites normales s'accompagne d'un gain de poids rapide (Le carré ouvert indique l'absence de signes inflammatoires évolutifs). (m = mois, y = ans, σ = déviation standard, m = valeur moyenne).

Figure VIII

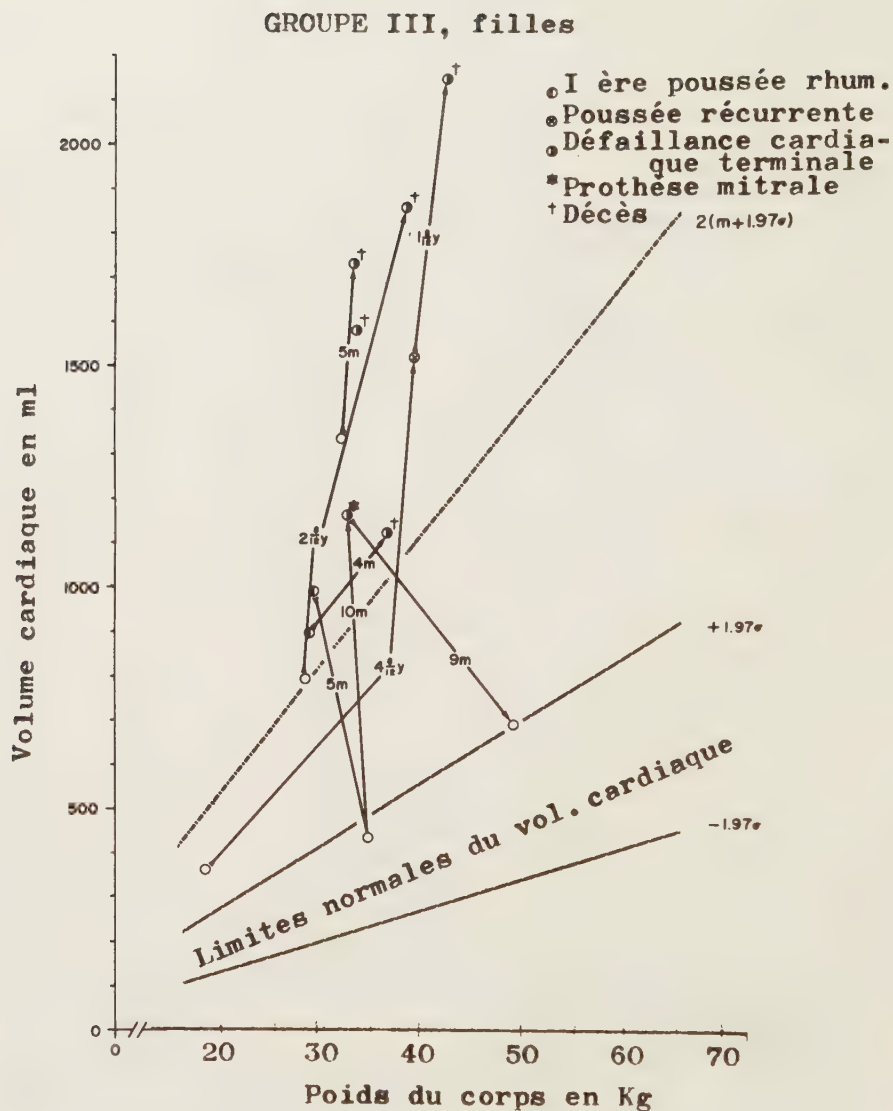


Fig. 8 - Variations du volume cardiaque chez les jeunes filles atteintes d'une grave insuffisance mitrale rhumatismale (Groupe III). Semblable à la fig. 7, l'augmentation du volume cardiaque n'est pas en proportion avec le gain de poids ou même, elle se fait en l'absence de ce dernier. A noter un cas particulier qui tranche avec les autres et chez qui le retour du volume cardiaque dans les limites normales s'effectue en même temps qu'un gain de poids rapide : c'est le cas de la malade qui a eu la prothèse mitrale (le cercle ouvert indique l'absence de signes inflammatoires évolutifs). (m = mois, y = ans, σ = déviation standard, m = valeur moyenne).

Groupe II (insuffisance mitrale modérée avec fatigue anormale ou dyspnée à tout effort assez soutenu). Il y a dans ce groupe 2 garçons et 3 filles (fig. 6). Tous, sauf un, ont une cardiomégalie allant de 9 à 70 % au-delà de la limite du plus grand volume cardiaque normal, prédit à partir du poids du corps. Au cours d'une cardite aiguë, le volume du coeur, chez deux malades, a dépassé le double de la limite supérieure du volume cardiaque normal. Quatre sur cinq patients ont fait une décompensation cardiaque assez sévère dès la première atteinte rhumatismale, mais une fois la crise passée, l'insuffisance mitrale résiduelle reste bien tolérée. Chez deux d'entre eux, on note plusieurs poussées de cardite récurrente avec insuffisance cardiaque et oedème déclive, mais ces poussées cèdent rapidement à la thérapeutique salicylée et stéroïde et aux toni-cardiaques.

Groupe III (malades digitalisés, souffrant de grave insuffisance mitrale rhumatismale et de dyspnée au moindre effort ou même au repos). Ce groupe comprend 4 garçons et 6 filles (fig. 7 et 8). Chez tous sauf un, le volume du coeur dépasse le double de la limite normale supérieure.

Chez un patient dont le coeur est à 90 % au-delà de la limite normale supérieure (fig. 7), aucune poussée rhumatismale récurrente n'a été décelée durant ces trois dernières années et pourtant, l'élargissement progressif du coeur, suivi régulièrement à trois mois d'intervalle, s'est produit sans le moindre doute. Chez deux autres malades, la détérioration de l'état général et du bilan hémodynamique a été si rapide¹⁹ qu'on a eu recours à la prothèse mitrale de STARR et d'EDWARDS. Pour eux deux aussi, aucun signe clinique ou paraclinique n'a permis d'attribuer ce déclin à une poussée rhumatismale évolutive. A l'opération, on note un degré impressionnant de cardiomégalie avec dilatation de l'auricule et de l'oreillette gauches et l'absence d'épanchement péricardique. Les biopsies auriculaires et valvulaires mitrales montrent une "phase tardive"¹⁸ (se situant entre 9 et 16 semaines après une atteinte aiguë rhumatismale) chez l'un d'eux, mais chez l'autre, les signes histologiques sont insuffisants pour porter un diagnostic positif.

Un mois après la prothèse mitrale, lorsque le volume cardiaque est encore très grand chez ces deux malades (86 % et 96 % supérieur au plus grand volume normal), la quantité de sang éjectée à chaque contraction cardiaque (25,4 et 33,4 ml/systole/m²) est très diminuée par rapport à la normale⁴⁹.

Le retour au volume d'éjection normal, chez eux, ne se voit qu'au bout de 5 et 6 mois plus tard où le volume cardiaque devient aussi normal (leur index cardiaque étant alors respectivement 3,81 et 4,01 l/m²/mn au repos et s'élevant à 4,31 et 4,68 l/m²/mn à l'effort léger¹⁹).

La rareté de la cardite aiguë, au cours de la dernière crise de décompensation cardiaque chez les sujets du Groupe III (2 cas sur 7), est due d'une part, à l'observation suivie et à l'évolution précocement traitée; d'autre part, elle dépend aussi de notre choix de l'échantillon¹⁹ car nous avons éliminé les cas fatals, chez lesquels le facteur rhumatismal évolutif contribuait à précipiter la suite défavorable. Dans l'un de ces sept cas, nous ne pouvons exclure le facteur de myocardite aiguë, car la mort subite a surpris le malade chez lui, après 22 mois de fibrillation auriculaire et 17 mois de cardiomégalie progressive. Pour les six derniers, l'évolution varie entre l'issue fatale rapide, chez une jeune malade quand le coeur atteignit un volume de 1580 ml (fig. 8), et la décompensation cardiaque d'allure traînante, à peine contrôlable, chez une autre durant ses vingt derniers mois. Trois sur sept ont eu plusieurs cures de delta-cortisone sans résultats probants.

Lorsqu'on a pris soin d'éliminer un épanchement péricardique et que le volume cardiaque a atteint les limites de 1100 à 1300 ml, une malade mourut subitement alors que chez neuf autres, l'aggravation de l'insuffisance cardiaque a été progressive avec des périodes de rémission de plus en plus courtes, malgré un traitement intensif. Une perte de poids rapide, que l'oedème survenu après n'arrive pas à masquer, et qui s'accompagne d'augmentation rapide du volume cardiaque, est le premier signe d'une évolution défavorable.

Au stade préterminal, le volume cardiaque varie entre 1600 et 2200 ml chez six malades, le poids du coeur étant de 395 et de 520 g chez deux d'entre eux dont le volume cardiaque mesure respectivement 1580 et 2200 ml par la méthode radiologique. Dans le second cas, on note un épanchement péricardique de 200 ml. Du point de vue histologique, la "phase intermédiaire" (se situant entre 4 à 13 semaines après l'atteinte rhumatismale aiguë)¹⁸ est reconnue chez le premier et la "phase tardive" (9 à 16 semaines après l'atteinte aiguë)¹⁸ chez le dernier.

*

* *

DISCUSSION

LIMITES DE LA METHODE ELLIPSOÏDALE DU CALCUL DU VOLUME CARDIAQUE

1) Les variations mineures, dues à la technique radiologique, modifient peu les résultats²⁷, surtout si l'on prend soin de maintenir constante et assez grande la distance cathode-films et le sujet aussi rapproché que possible de la cassette.

2) Une source d'erreurs possibles réside dans l'assimilation d'un coeur aux contours peu réguliers à une ellipsoïde. Par contre, si, à la suite de la dilatation cardiaque, les diamètres du coeur tendent à devenir égaux, la formule de l'ellipsoïde, comparable à celle d'une sphère, reste encore applicable.

La méthode ellipsoïdale est considérée comme la meilleure par BROUSTET et Coll.⁴ (1960). Comparée aux autres méthodes, elle donne des résultats légèrement plus faibles¹⁶, mais l'erreur est inférieure à 5 %, comme on peut le vérifier par la mesure du volume des coeurs prélevés sur des cadavres^{15, 22}.

3) Le facteur de correction, $A = 1/1,19$ pour la distance cathode/film de 183 cm, a été trouvé convenable pour la majorité des sujets de notre étude. Pour les bébés dont les distances (antéro-postérieure et latérale) centre du coeur-film sont de 7 cm, ce facteur donne des résultats légèrement plus faibles (-6 %). Comparées aux résultats d'AXEN et de LIND¹, qui ont mesuré les volumes cardiaques de 45 enfants par une méthode très élaborée et jugée la meilleure⁴, les limites de confiance de la présente étude couvrent 42 sujets (ou 93 % des cas). Une constante unique se justifie donc par sa simplicité.

4) Les variations du volume du coeur peuvent se produire avec le passage de la position allongée à la station debout²⁸, avec la systole et

la diastole quand le pouls est inférieur à 70 à la minute²⁷ et avec les phases respiratoires^{27, 40}. Dans les circonstances défavorables, tous ces facteurs aboutissent à une erreur inférieure à 12 % à la confiance t 0,05⁵¹.

En général, la téléradiographie à clichés consécutifs est reproductible car :

- 1) les erreurs ne se font pas toujours dans le même sens,
- 2) les clichés pris à angle droit, l'un après l'autre, ne peuvent coïncider soit avec la fin de la systole, soit avec la fin de la diastole,
- 3) le pouls chez les jeunes est la plupart du temps assez rapide,
- 4) et enfin la technique standardisée exige que l'exposé soit fait avec le sujet en inspiration modérée et retenue.

5) Bien que 95 fois sur 100, l'erreur personnelle des lecteurs soit inférieure à 8 % dans notre étude, on peut considérer une variation de 10 % comme indicatrice d'un vrai changement du volume cardiaque, car 10 % est facile à estimer dans la pratique de tous les jours. Quant à la fidélité d'interprétation à laquelle un lecteur peut aspirer, estimée à 4 % de la moyenne de deux mesures faites par lui-même²⁷, elle n'est guère différente de l'erreur due au coefficient personnel d'interprétation.

6) Un autre défaut de la méthode radiologique ellipsoïdale provient de l'inclusion de l'espace péricardique et du contenu des gros vaisseaux⁵³ adjacents au cœur dans l'estimation du volume cardiaque. Cependant, pour un malade donné, le changement du diamètre de ces vaisseaux ne peut être très important pendant de courtes durées d'observation. Quant à l'épanchement péricardique rhumatismal, il est rarement volumineux³⁷ ou réfractaire à un traitement anti-inflammatoire, ou responsable de symptômes graves et persistants⁵⁴ comparables à ceux associés à une cardiomégalie marquée. En cas de doute, on peut répéter les téléradiogrammes à intervalles réguliers sous traitement, ou recourir à l'angiocardiographie, à la scintigraphie ou faire une paracentèse exploratrice.

TRAITS CARACTERISTIQUES DE L'ECHANTILLON ETUDIE

Lorsqu'on prend comme point de départ des radiogrammes considérés comme normaux, les volumes cardiaques les plus atypiques mais normaux peuvent être exclus de l'échantillon. Néanmoins, la sélection dans l'étude présente respecte les limites normales de la silhouette cardiaque conçue telle quelle par radiologues et cardiologues.

La population étudiée est choisie de telle façon que chaque groupe d'âges soit également représenté (fig. 1). Pour les deux premières années, un plus grand nombre de cas a été pris afin de bien étudier cette période de croissance rapide. La meilleure corrélation trouvée entre Volume cardiaque/Poids du corps au lieu de Volume cardiaque/âge ne découle donc pas du choix de l'échantillon.

Trente-six sujets (12 % du total) ont un électrocardiogramme normal. Les sujets obèses⁶ ou anémiés³ et les jeunes femmes enceintes²⁶, n'ont pas fait partie de l'échantillon car ni le volume sanguin, ni l'état hémodynamique chez eux ne se rapprochent de la normale.

LE CHOIX D'UNE VARIABLE INDEPENDANTE PERMETTANT DE PREDIRE LE VOLUME CARDIAQUE

1) La prédiction du volume cardiaque, basée sur l'âge¹¹ chez les jeunes, sous-entend que leur croissance est normale. Elle ne sera plus applicable chez les cardiaques dont la croissance est retardée. En effet, un volume cardiaque jugé "normal" pour un âge donné, ne l'est plus si le sujet accuse un défaut de croissance. Parmi d'autres objections, on retient la faible corrélation entre l'âge et le volume cardiaque après la maturité, où la croissance s'arrête, et la vieillesse qui apporte d'autres facteurs susceptibles de modifier le volume cardiaque⁵⁰.

2) La différence du volume cardiaque selon le sexe du sujet est démontrée dans les études statistiques où les deux sexes sont comparés^{25,38}, sauf dans les travaux de LIND³² où elle s'estompe car le poids corporel de son échantillon est relativement restreint (292 enfants de moins de 12 Kg). A l'opposé des conclusions de LINCOLN et de SPILLMAN³³, dans leur étude du

TABLEAU V - Relations entre le volume cardiaque et la surface cutanée
ou le poids du corps selon divers auteurs

AUTEURS	ECHANTILLONS	AGE (ans)	Nombre de sujets
LYSHOLM, NYLIN et QUARNA 1934	Hommes et femmes Filles Total	17 - 62 10 - 14	33 14 47
LILJESTRAND, LYSHOLM, NYLIN et ZACHRISSON 1939	Hommes (étudiants médecine) Hommes (secrétaires) Total	21 - 30 32 - 47	70 31 101
BIÖRCK 1944	Hommes et garçons Femmes et filles Total (16 sujets obèses inclus)	11 - 70 13 - 60	83 53 136
AXEN et LIND 1945	Enfants Garçons Filles	6 jours à 14 mois	45 26 19
CARLGREEN 1946	Enfants et adolescents (en position debout)	4 - 16	61
KJELLBERG, RUDHE et SJÖSTRAND 1949	Hommes Femmes Enfants	17 - 50 16 - 55 8 - 15	67 55 44
LIND 1950	Enfants	moins de 2	293
MAUREA, NYLIN et SOLLBERGER 1955	Hommes et garçons Femmes et filles	9 - 66 13 - 63	352 336
STRANDELL 1964	Hommes	30 - 83	74
Présente étude	Enfants et adolescents Garçons Filles	Nouveau-né à 18 ans 9 mois	305 158 147

* : calculé à partir des résultats publiés. Y : volume cardiaque en ml;
S : surface cutanée en mètres carrés n : nombre de cas.

TABLEAU V (suite) - Relations entre le volume cardiaque et la surface cutanée ou le poids du corps selon divers auteurs

Volume cardiaque (Y) par rapport au poids du corps	Remarques	Volume cardiaque (Y) par rapport à la surface cutanée	Remarques
-	-	-	-
-	-	-	-
-	0,82	-	0,84
-	0,47 *	-	0,44 *
-	0,62 *	-	0,57 *
-	0,52 *	-	0,48 *
-	-	-	-
-	-	-	-
-	0,75	-	0,74
Y = 13,6 X - 3,6	0,952 *	Y = 378,3 S - 38	0,944 *
Y = 12,3 X + 3,0	0,986 *	Y = 350,8 S - 29	0,990 *
-	0,89 (n:40; X ≤ 45kg)	-	0,90 (n=39; S ≤ 1,4m ²)
-	0,67 (n:20; X ≥ 45kg)	-	0,71 (n=21; S ≥ 1,4m ²)
-	0,551	-	0,515
-	0,689	-	0,782
-	0,872	-	0,860
Y = 9,7 X + 11,6	0,950	Y = 285,7 S - 17,8	0,946
Y = 6,1 X + 294,6	0,41	Y = 397,9 S - 21,7	0,44
Y = 7,3 X + 127,6	0,58	Y = 433,9 S - 156,7	0,53
Y = 11,7 X - 27	0,690	Y = 742 S - 571	0,641
Y = 10,8 X	0,985	Y = 284 S	0,981 (n = 261)
Y = 11,3 X	0,985	Y = 295 S	0,980 (n = 132)
Y = 10,3 X	0,989	Y = 273 S	0,987 (n = 129)

FIGURE IX

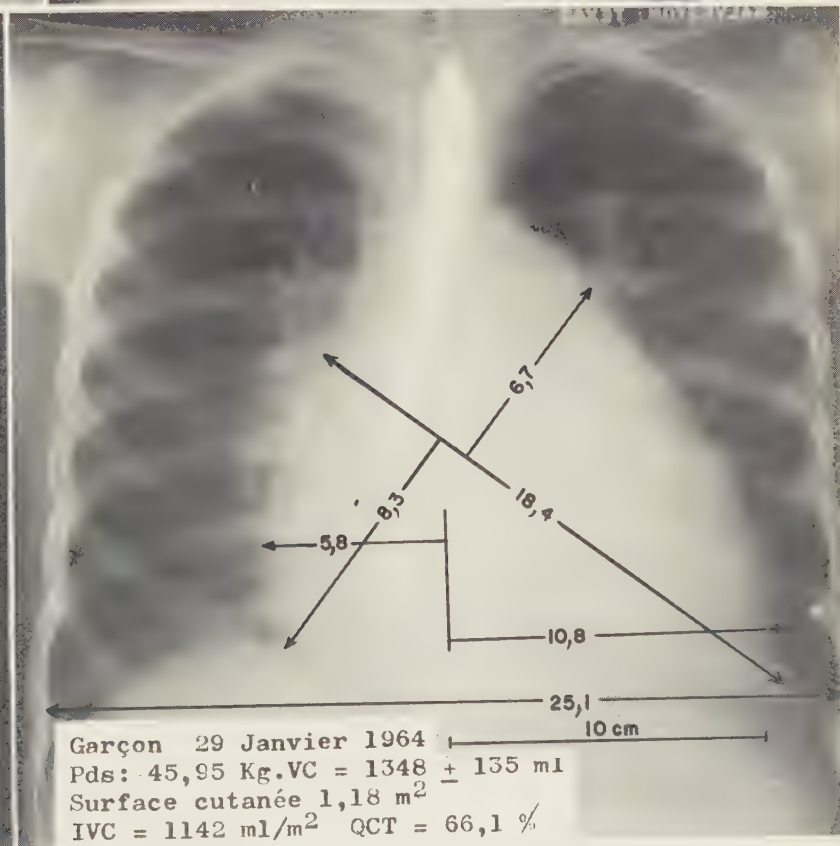
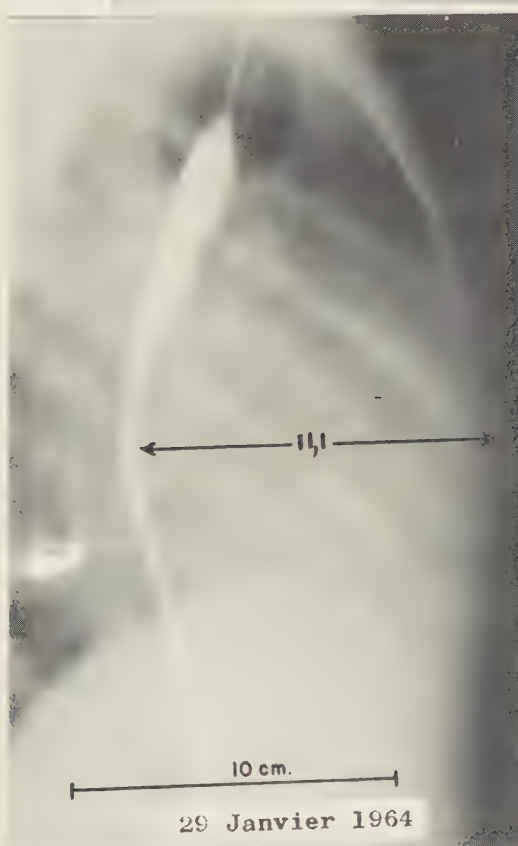
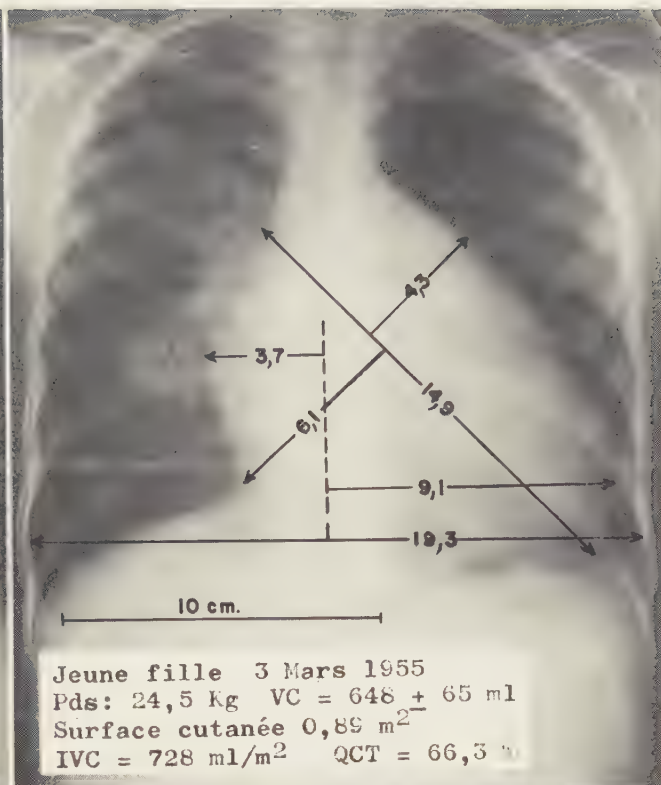
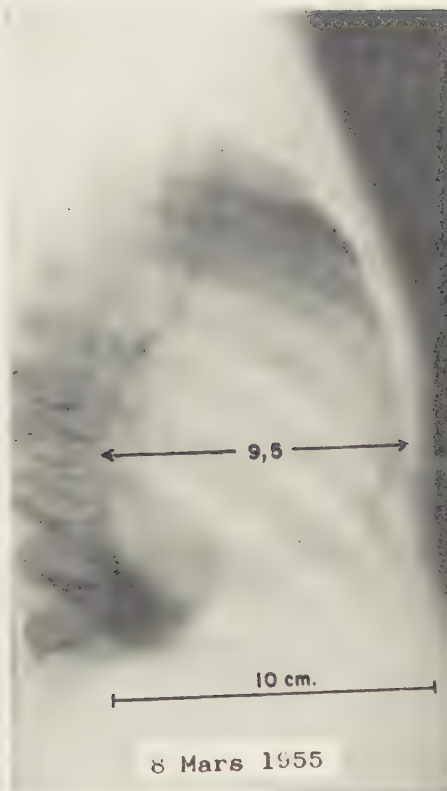
Détermination du volume cardiaque chez deux sujets atteints d'insuffisance mitrale en dehors de toute poussée aiguë rhumatismale.

EN HAUT : radiogrammes d'une jeune fille du Groupe II (Insuffisance mitrale modérée), pris deux ans après la première atteinte de cardite rhumatismale. Le degré de cardiomégalie est modéré et bien toléré. Malgré une poussée récurrente de cardite aiguë, avec insuffisance cardiaque et oedème déclive en septembre 1955, cette jeune fille est capable - 11 ans après - de mener deux sets de tennis.

EN BAS : radiogrammes d'un garçon du Groupe III (grave insuffisance mitrale), pris 16 mois après la première atteinte de cardite rhumatismale. L'augmentation progressive et rapide du volume cardiaque, associée à une détérioration aussi rapide de l'état général et du status cardiaque, s'effectue en l'absence de tout signe inflammatoire évolutif (critères histologiques compris). La prothèse mitrale a redressé une évolution sans doute fatale (Conf. Fig. 7).

Le quotient cardio-thoracique, qui est le même chez ces deux malades, ne permet pas de les distinguer, ni de prévoir l'évolution de leur affection.

Pds : poids ; VC : volume cardiaque ; IVC : index volumétrique cardiaque ; QCT : quotient cardio-thoracique.



LE QUOTIENT CARDIO-THORACIQUE ET LE VOLUME CARDIAQUE
CHEZ LES JEUNES ATTEINTS D'INSUFFISANCE MITRALE RHUMATISMALE

Les études du quotient cardio-thoracique (QCT) chez les enfants et chez les adolescents sains^{36,53} montrent que la valeur normale reste toujours inférieure à 50 % et les variations normales peuvent aller jusqu'à 10 % chez les mêmes sujets (par exemple, limites normales entre 40 % à 49 %). Dans notre échantillon de cardiomégalie secondaire à l'insuffisance mitrale, ce quotient n'a jamais dépassé le double de la valeur normale (fig. 4), alors que l'index volumétrique cardiaque (IVC) a montré que le coeur a pu quadrupler de volume chez les garçons aussi bien que chez les filles. L'équation qui exprime l'IVC en fonction de QCT (Tableau IV), est une fonction puissance.

. La pente des lignes de régression (fig.4) devient de plus en plus accentuée pour les valeurs de QCT supérieures à 60 %, surtout chez les garçons. Des variations du QCT de l'ordre de 5 % au-delà des 60 %, notées dans l'étude de TAUSSIG et de GOLDENBERG⁵², correspondent à des fluctuations considérables du volume cardiaque. Autrement dit, à partir du QCT supérieur à 60 %, on ne saurait prédire ce que pourrait être le volume exact du coeur. La figure 9 en donne un exemple concret. Ainsi le QCT devient imprécis là où l'inexactitude n'est pas permise.

Aussi, ce que l'on peut dire du quotient cardio-thoracique, c'est qu'il donne une idée de l'élargissement cardiaque. Chez les sujets sains, le QCT doit être inférieur à 50 %. Mais pour les valeurs entre 40 et 50 %, on ne peut conclure qu'un coeur est plus grand ou plus petit qu'un autre, chez deux sujets ayant le même diamètre thoracique interne. Au-delà de la valeur de 60 %, ce quotient devient si peu adéquat pour la prédiction du volume que la méthode du volume cardiaque s'impose par sa précision.

VALEUR DU VOLUME CARDIAQUE DANS L'INSUFFISANCE MITRALE RHUMATISMALE

L'élargissement progressif du coeur aboutissant à l'issue fatale avant l'âge de vingt ans n'est pas unique dans nos constatations. D'autres auteurs, tels que NOONAN et SPENCER⁴¹, ont rapporté des cas semblables, sans toutefois insister sur les limites volumétriques extrêmes qu'ils ont constatées.

Le parallélisme entre l'augmentation du volume cardiaque d'une part et l'évolution de l'insuffisance mitrale rhumatismale de l'autre, suggère une

relation possible de cause à effet. De fait, la cardiomégalie a été confirmée chez quatre sujets du Groupe III, à l'opération et à l'autopsie; le volume du myocarde, chez deux d'entre eux, bien qu'augmenté, ne constitue pas plus de 25 % de leur volume cardiaque respectif. Une notion acquise est qu'en cas de cardiomégalie importante, on ne peut distinguer les variations du volume cardiaque entre diastole et systole¹². En effet, les volumes de sang éjectés des ventricules droit et gauche, retranchés des volumes de remplissage auriculaires pendant la diastole¹⁷, deviennent si petits par rapport au volume cardiaque total qu'ils tombent dans les limites de 5 % de l'erreur inhérente à la méthode radiologique ellipsoïdale. Pour cette raison, si les volumes résiduels ventriculaires augmentent aux dépens des volumes d'éjection (à cause de l'insuffisance cardiaque), ils ne peuvent être, par leur grandeur, responsables de l'augmentation progressive du volume cardiaque total, car les volumes d'éjection eux-mêmes sont déjà négligeables.

Lorsque l'insuffisance mitrale se produit, un volume de régurgitation revient à contre-courant dans l'oreillette gauche pendant la systole, pour repasser à nouveau dans le ventricule gauche durant la phase de dilatation cardiaque. Ainsi, que ce soit en systole ou en diastole, le volume du coeur gauche est augmenté du volume de régurgitation mitrale.

L'augmentation du volume résiduel ventriculaire gauche se fait proportionnellement aux volumes de régurgitation et d'éjection²⁰. Si la fibrillation auriculaire survient, l'abolition de la contraction auriculaire contribue à l'augmentation rapide du volume résiduel de l'oreillette qui, à cause de sa paroi mince, se laisse distendre. L'accroissement progressif du volume du coeur gauche s'explique donc par l'augmentation du volume de régurgitation et des volumes résiduels auriculaire et ventriculaire.

La fibrose et la rétraction de la valvule mitrale et des cordages accentuent l'insuffisance mitrale. La dilatation du ventricule gauche distend l'anneau fibreux auriculo-ventriculaire alors que la dilatation de l'oreillette gauche étire la valvule mitrale postérieure^{29,30} et aggrave la fuite à travers la valvule mitrale. Ces deux processus s'ajoutent et vont créer un cercle vicieux dont le résultat est l'accroissement rapide du volume du coeur gauche.

Si l'hypertension ventriculaire droite survient, soit à la suite de l'insuffisance cardiaque gauche et de la stase en amont, soit à cause de l'augmentation de la résistance artériolaire pulmonaire⁴⁶, l'insuffisance tricuspidiennne peut se produire. Ce mécanisme paraît être en jeu, à la phase terminale, chez quelques malades du Groupe III dont l'insuffisance tricuspidiennne a été reconnue tard dans leur évolution.

Au total, au cours d'une cardite rhumatismale aiguë et en l'absence d'épanchement péricardique le volume cardiaque peut refléter, par le volume régurgité, l'importance de l'insuffisance mitrale si elle est isolée et, par le volume résiduel, le degré d'insuffisance myocardique. En dehors de toute poussée évolutive, l'insuffisance mitrale minime se traduit par une bonne tolérance à l'effort et un volume cardiaque normal (Groupe I). Chez les patients du Groupe II, l'insuffisance mitrale modérée laisse une séquelle qui est une légère cardiomégalie bien tolérée pour longtemps. Pour les malades du Groupe III, le désavantage hémodynamique est tel qu'aucune guérison ne pourrait être espérée, même en l'absence de cardite aiguë. Le traitement chirurgical de la valvule mitrale est suivi d'un retour progressif du volume et du débit cardiaque aux limites normales. A côté du facteur myocardique encore mal élucidé, l'insuffisance valvulaire en elle-même constitue donc un facteur important dans l'évolution défavorable des malades du Groupe III, pour qui le traitement chirurgical précoce est à souhaiter.

*

* *

RESUME ET CONCLUSION

Le volume cardiaque chez 305 enfants et adolescents en bonne santé a été déterminé par une méthode radiologique simplifiée, inspirée de la formule de Rohrer et de Kahlstorf. Plusieurs paramètres (l'âge, la race, le sexe, la taille, le poids du corps et la surface cutanée) ont été étudiés quant à leur valeur pour prédire le volume cardiaque normal. La différence du volume du coeur, chez les garçons et chez les filles, est statistiquement probable aux 5 millièmes ($p < 0,005$). Le volume cardiaque normal est estimé avec plus de précision à partir du poids du corps qu'à partir de la surface cutanée. La détermination des valeurs normales du volume cardiaque chez les enfants et chez les adolescents a été faite et les résultats présentés. Les limites d'erreur de la méthode radiologique ellipsoïdale ont été revues et discutées.

Un essai d'application de la méthode du volume cardiaque et de celle du quotient cardio-thoracique a été fait chez 27 sujets atteints d'insuffisance mitrale rhumatismale isolée. La méthode volumétrique s'est montrée la meilleure parce qu'elle a permis d'évaluer avec plus de précision le degré de cardiomégalie et de porter un pronostic sur l'évolution de l'insuffisance mitrale rhumatismale. Le pronostic s'est assombri chez dix adolescents dont le volume atteignait 1100 à 1300 ml, en l'absence de signes d'évolutivité rhumatismale chez la plupart. Pour six de ces adolescents, l'issue fatale eut lieu, lorsque le volume cardiaque était entre 1600 et 2200 ml. Chez deux autres patients, la prothèse mitrale a redressé une évolution sans doute fatale et ramené le volume et le débit cardiaques aux limites normales.

Alors que le quotient cardio-thoracique donne une impression de l'élargissement cardiaque, la méthode volumétrique permet d'évaluer avec précision le degré de cardiomégalie. Le parallélisme entre les changements

volumétriques du coeur et l'évolution de l'insuffisance mitrale rhumatismale est un phénomène plein d'intérêt, qui mérite d'être étudié afin d'en tirer les indications du cathétérisme cardiaque en vue d'un traitement chirurgical. Dans la pratique courante, la méthode du volume cardiaque peut également servir comme élément de pronostic.

ooo

Vu, le Président de Thèse :

Vu, le Doyen de la Faculté :

J. LENE GRE

G. BROUET

Vu et permis d'imprimer
le Recteur de l'Académie de Paris

J. ROCHE

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - AXEN O. et LIND J.
Roentgenologic determination of heart volume in infants.
Acta Paediat. 32 : 270, 1945.
- 2 - BIÖRCK G.
On the relationship between the heart volume and various physical factors.
Acta Radiol. 25 : 372, 1944.
- 3 - BRANNON E.S., MERRILL A.J., WARREN J.V. et STEAD E.A.Jr
The cardiac output in patients with chronic anemia as measured by the technique of right heart catheterization.
J. Clin. Invest. 24 : 332, 1945.
- 4 - BROUSTET P., WANGERMEZ C.J., DUHAMEL J., MARTIN P.L., BRICAUD H. et FONTANILLE P.
Etude comparative des résultats des mesures du volume cardiaque par la méthode de stratigraphie axiale transverse et les méthodes géométriques téléradiographiques.
J. Radiol. Electrol. : 41 : 417, 1960.
- 5 - CARLGREN L.E.
Gallop rhythm in children.
Acta Paediat. : 33, suppl. 6, 1946.
- 6 - CAYLER G.G., MAYS J. et RILEY H.D.Jr
Cardiorespiratory syndrome of obesity (Pickwickian Syndrome) in children.
Pediatrics : 27 : 237, 1961.
- 7 - COMEAU W.J. et WHITE P.D.
An evaluation of heart volume determinations by the Rohrer-Kahlstorf formula as a clinical method of measuring heart size.
Amer. Heart J. : 17 : 158, 1939.
- 8 - COMEAU W.J. et WHITE P.D.
A critical analysis of standard methods of estimating heart size from roentgen measurements.
Amer. J. Roentgenol. : 47 : 665, 1942.
- 9 - DOMENET J.G., EVANS D.W., et HOWARTH F.H.
Clinical experience with radiological determination of the heart volume.
Brit. Heart J. : 25 : 575, 1963.

- 10 - DUBOIS D. et DUBOIS E.F.
A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known.
Arch. Int. Med. : 17 : 863, 1916.
- 11 - EEK S.
Heart index or Heart volume in judgment of congenital heart diseases.
Acta Paediat. 37 : 61, 1949.
- 12 - EVANS D.W. et CARPENTER P.B.
Errors involved in radiological heart volume determination by the ellipsoid-approximation technique.
Brit. Heart J. : 27 : 429, 1965.
- 13 - FALKNER F.
Some physical growth standards for white North American children.
Pediatrics : 29 : 467, 1962.
- 14 - FRIEDBERG C.K.
Volume of the Heart, dans DISEASES OF THE HEART.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1958, Edition II, p. 101.
- 15 - FRIEDMAN C.E.
The residual blood of the heart.
Amer. Heart J. : 39 : 397, 1950.
- 16 - GEBHARDT W., DANNER D., REINDELL H. et KÖNIG R.
Eine vergleichende Untersuchung zur methodischen Fehlerbreite de röntgenologischen Herzvolumenbestimmung.
Acta Med. Scand. : 167 : 467, 1960.
- 17 - GRANT C., BUNNELL I.L. et GREENE D.G.
The reservoir function of the left atrium during ventricular Systole.
Amer. J. Med. 37 : 36, 1964.
- 18 - GROSS L. et EHRLICH J.C.
Studies on the myocardial Aschoff body (II.- Life cycle, sites of predilection and relation to clinical course of rheumatic fever).
Am. J. Path. : 10 : 489, 1934.
- 19 - HARRIS L.C., NGHIEM Q.X. et SCHREIBER M.H.
Rheumatic mitral insufficiency in children : Course, prognosis and effect of mitral valve replacement.
Amer. J. Cardiol. : 17 : 194, 1966.
- 20 - JONES J.W., RACKLEY C.E., BRUCE R.A., DODGE H.T., COBB L.A. et SANDLER H.
Left ventricular volumes in valvular heart disease.
Circulation : 29 : 887, 1964.

- 21 - JONSELL S.
A method for the determination of the heart size by teleroentgenography (A Heart Volume Index).
Acta Radiol. : 20 : 329, 1939.
- 22 - KAHLSTORF A.
Über eine orthodiagraphische Herzvolumenbestimmung.
Fortschr. Röntgenstr. : 45 : 123, 1932.
- 23 - KEATS T.E. et ENGE I.P.
Cardiac mensuration by the cardiac volume method.
Radiology : 85 : 850, 1965.
- 24 - KEITH J.D., ROWE R.D. et VLAD P.
Heart Disease in Infancy and Childhood.
Macmillan Company, New York, 1958.
- 25 - KJELLBERG S.R., RUDHE U. et SJÖSTRAND T.
The relation of the cardiac volume to the weight and surface area of the body, the blood volume and the physical capacity for work.
Acta Radiol. : 31 : 113, 1949.
- 26 - KJELLBERG S.R., LÖNROTH H., RUDHE U. et SJÖSTRAND T.
Blood volume and the heart volume during pregnancy and the puerperium.
Acta Med. Scand. : 138 : 421, 1950.
- 27 - KJELLBERG S.R., LÖNROTH H. et RUDHE U.
The effect of various factors on the roentgenological determination of the cardiac volume.
Acta Radiol. : 35 : 413, 1951.
- 28 - LARSSON H. et KJELLBERG S.R.
Roentgenological heart volume determination with special regard to pulse rate and the position of the body.
Acta Radiol. : 29 : 159, 1948.
- 29 - LEVY M.J., et EDWARDS J.E.
Anatomy of mitral insufficiency.
Progr. Cardio. Dis. : 5 : 119, 1962.
- 30 - LEVY M.J., VARCO R.L., LILLEHEI C.W. et EDWARDS J.E.
Mitral insufficiency in infants, children, and adolescents. A review of etiologic, electrocardiographic, radiologic and pathologic factors, and surgical techniques.
J. Thorac. Cardio. Surg. : 45 : 434, 1963.
- 31 - LILJESTRAND G., LYSHOLM E., NYLIN G. et ZACHRISSON C.G.
The normal heart volume in normal infants.
Amer. Heart J. 17 : 406, 1939.

- 32 - LIND J.
Heart volume in normal infants.
Acta Radiol. Suppl : 82, 1950.
- 33 - LINCOLN E.M. et SPILLMAN R.
Studies on the hearts of normal children.
Am. J. Dis. Child. : 35 : 791, 1928.
- 34 - LUDWIG H.
Röntgenologische Berteilung des Herzgrösse.
Fortschr. Röntgenstr. : 59 : 1, 1939.
- 35 - LYSHOLM E., NYLIN G. et QUARNAN K.
The relation between heart volume and stroke volume under physiological and pathological conditions.
Acta Radiol. : 15 : 237, 1934.
- 36 - MARESH M.M.
Growth of the heart related to bodily growth during childhood and adolescence.
Pediatrics : 2 : 382, 1948.
- 37 - MARKOWITZ M. et KUTTNER A.G.
Rheumatic fever. Diagnosis, Management and Prevention.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1965, pp. 45-46.
- 38 - MAUREA, NYLIN G. et SOLLBERGER A.
Normal heart volume.
Acta Cardiol. : 10, 336, 1955.
- 39 - NADAS A.S.
Pediatric Cardiology.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1963, Edition II, pp. 39-40.
- 40 - NATVIG P.
The volume of the heart in Müller's and Valsalva's tests.
Acta Radiol. : 15 : 657, 1934.
- 41 - NOONAN J.A. et SPENCER F.C.
Surgical treatment of rheumatic heart disease in childhood.
Circulation 30 : suppl. 3 : 133, 1964.
- 42 - NYLIN G.
Roentgenographic heart volume determination. Examination of the Cardiac Patient.
Edité par A.A. Luisada. Mc Graw-Hill Book Company, New-York, 1965, pp. 4.365 et 4.366.
- 43 - REEVES T.J.
Year-Book of Cardiovascular and Renal Disease.
Year Book Medical Publishers, Chicago, 1963-1964, p. 498.

- 44 - ROSE V., COLLINS G., KIDD L. et KEITH J.
Clinico-hemodynamic correlations in ventricular septal defect
in childhood.
J. Pediat. 69 : 359, 1966.
- 45 - ROHRER F.
Volumbestimmung von Körperhöhlen und Organen auf orthodiagraphis-
chem Wedge.
Fortschr. Röntgenstr. : 24 : 285, 1916.
- 46 - ROSS J., BRAUNWALD E. et MORROW A.G.
Clinical and hemodynamic observations in pure mitral insufficiency.
Am. J. Cardiol. 2 : 11, 1958.
- 47 - SCHREIBER M.H.
The volume of the heart.- A roentgenographic determination.
Ariz. Med. : 21 : 551, 1964.
- 48 - SNEDECOR G.W.
Statistical methods.
The Iowa University Press, Ames, Iowa, 1964. Ed. V, pp. 413-446.
- 49 - SPROUL A. et SIMPSON E.
Stroke volume and related hemodynamic data in normal children.
Pediatrics : 33 : 912, 1964.
- 50 - STRANDELL T.
Heart volume and its relation to anthropometric data in old men
compared with young men.
Acta Med. Scand. 176 : 205, 1964.
- 51 - STUART H.C.
Percentile charts for height and weight of normal infants and
children (from birth to 2 years and a half and from 2 years to
13 years) made available to physicians by Mead Johnson and Co,
Evansville, Ind.
- 52 - TAUSSIG H.B. et GOLDENBERG M.
Roentgenologic studies of size of heart in childhood.- I : Three
different types of teleroentgenographic changes which occur in
acute rheumatic fever.
Am. Heart J. : 2 : 440, 1941.
- 53 - THURN P.
Zur röntgenologischen Volumenmessung des Herzens
Fortgenstr. Röntgenstr. : 90 : 290, 1959.
- 54 - WINTERS W.L. et SOLOFF L.A.
Pericardial effusion in clinical inactive compensated rheumatic
heart disease.
Am. J. Med. Sc. : 242 : 173, 1961.
- 55 - ZISKIN T.
Development and size of the heart in children.
Am. J. Dis. Child. : 30 : 851, 1925.
-

VOLUME CARDIAQUE

	<u>Pages</u>
I - INTRODUCTION	
(Aperçu historique et buts proposés)	1 et 2
II - POPULATION ETUDIEE ET METHODES GEOMETRIQUES RADIOLOGIQUES	
Description de l'échantillon :	
a) Sujets sains	3
b) Patients	4 et 5
Méthodes utilisées :	
a) Le volume cardiaque	5 et 6
b) Le quotient cardio-thoracique	6
III - RESULTATS	
Sujets normaux	7
Patients atteints d'insuffisance mitrale rhumatismale	
- résultats du quotient cardio-thoracique	9
- résultats du volume cardiaque :	
Groupe I	9
Groupe II	10
Groupe III	10 et 11
Remarques sur ces trois groupes	11
IV - DISCUSSION	
Limites de la méthode ellipsoïdale	12 et 13
Traits caractéristiques de l'échantillon	14
Choix d'une variable indépendante	14 et 15
Valeur respective du quotient cardio-thoracique et du volume cardiaque	16
Intérêt du volume cardiaque dans l'insuffisance mitrale rhumatismale	16 à 18
V - RESUME ET CONCLUSION	19



EDITIONS
40 R. Pascal
PARIS 13^e
TELEPHONE
535: 18-93
535: 18-62